

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**COMPLEXO ENZIMÁTICO E NÍVEIS NUTRICIONAIS DAS
DIETAS PARA FÊMEAS SUÍNAS NAS FASES DE
CRESCIMENTO E TERMINAÇÃO.**

Urbano dos Santos Ruiz

Engenheiro Agrônomo

JABOTICABAL - SÃO PAULO - BRASIL
Janeiro - 2010

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**COMPLEXO ENZIMÁTICO E NÍVEIS NUTRICIONAIS DAS
DIETAS PARA FÊMEAS SUÍNAS NAS FASES DE
CRESCIMENTO E TERMINAÇÃO.**

Urbano dos Santos Ruiz

Orientadora: Profa. Dra. Maria Cristina Thomaz

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Zootecnia (Produção Animal)

JABOTICABAL - SÃO PAULO - BRASIL
Janeiro - 2010

R934c Ruiz, Urbano dos Santos
Complexo enzimático e níveis nutricionais das dietas para fêmeas
suínas nas fases de crescimento e terminação / Urbano dos Santos
Ruiz. -- Jaboticabal, 2010
xii, 87 f. ; 28 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias, 2010

Orientadora: Maria Cristina Thomaz

Banca examinadora: Valdomiro Shigeru Miyada, Jacinta Diva
Ferrugem Gomes, Fábio Enrique Lemos Budiño, Jorge de Lucas
Júnior

Bibliografia

1. Enzimas exógenas. 2. Leitões. 3. Poluição ambiental. 4.
Produção e composição de fezes. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade
de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 636.4:636.087

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da
Informação – Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de
Jaboticabal.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

URBANO DOS SANTOS RUIZ – nascido em 10 de janeiro de 1978, em Santo André – SP. Graduado em Engenharia Agrônômica em agosto de 2001, pela Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, da Universidade de São Paulo. No período de maio de 2002 a maio de 2003, trabalhou na empresa Kleffmann & Partner, como entrevistador técnico de campo, para levantamento de dados sobre o uso de insumos agrícolas no Brasil. Iniciou, no ano de 2004, o curso de Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – FCAV/Unesp em Jaboticabal. Em fevereiro de 2006 tornou-se Mestre e ingressou no curso de Doutorado, na mesma instituição. Nos anos de 2007, 2008 e 2009, atuou como professor substituto no curso de Zootecnia do Câmpus Experimental de Dracena da Unesp, lecionando as disciplinas Manejo de resíduos e Suinocultura.

Aos meus pais, Urbano e Maria Regina, e irmãs, Juliana, Karina, Sabrina e
Betina pelo apoio incondicional;

À minha esposa, Viviane, pelo amor, apoio, dedicação e auxílio em todos os
momentos, sem os quais esta caminhada não teria sido possível;

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Urbano e Maria Regina, à minha avó, Olga, às minhas irmãs, Juliana, Karina, Sabrina e Betina, aos meus sobrinhos, Isabela, Miguel e Vinícius, pelo apoio, alegria, confiança e incentivo.

À minha esposa Viviane, especialmente, que, com paciência, dedicação e amor, apoiou, incentivou e muito contribuiu para o êxito desta jornada.

À Professora Dra. Maria Cristina Thomaz pela orientação no mestrado e no doutorado e pelos ensinamentos que muito têm contribuído para minha formação pessoal e profissional.

Aos professores Dr. Valdomiro Shigeru Miyada, Dr. Rodolfo Nascimento Kronka, Dr. Jorge de Lucas Júnior, Dra. Jane Maria Bertocco Ezequiel e Dr. Renato Luis Furlan pelos ensinamentos e exemplos, profissionais e pessoais.

Ao CNPq pela bolsa de estudos concedida durante este curso.

À empresa Alltech pelo auxílio financeiro e fornecimento das enzimas estudadas.

Aos amigos da república Gato Preto, de São Paulo, Renato, de república em Jaboticabal, Guido e Jeferson, das longas viagens para Dracena, Leonardo, Everlon e Daniel, e aos demais professores do Câmpus Experimental de Dracena, pelo companheirismo e incentivo.

Aos amigos da equipe de suinocultura: Alessandro Fraga (*in memoriam*), Rizal, José Cristani, Pedro, Vivian, Guido, Susana, Henrique, Leonardo, Alessandro Amorim, Everton, Fabrício, Bruno, Manuela, Juliana; e do Laboratório de Biodigestão Anaeróbia: Adélia, Cristiane, Adriane e Laura, que contribuíram significativamente para a realização de todas as etapas do meu trabalho em Jaboticabal, tanto no curso de mestrado como no de doutorado.

Aos funcionários do Setor de Suinocultura Wilson e José Antônio, dos laboratórios de nutrição animal (LANA) e de Biodigestão Anaeróbica, Ana Paula e Luizinho, respectivamente, aos professores Drs. Reges e Fábio do Câmpus

Experimental de Dracena e ao Dr. Fábio Enrique Lemos Budiño, pelo grande auxílio nas análises laboratoriais.

À empresa MCassab pelo fornecimento dos aminoácidos e suplementos vitamínico e mineral utilizados no trabalho à campo.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS	vii
RESUMO.....	xi
SUMMARY.....	xii
I. INTRODUÇÃO	1
II. REVISÃO DA LITERATURA	3
II.1. Polissacarídeos não amiláceos, ácido fítico e enzimas exógenas	3
II.2. Enzimas exógenas e digestibilidades dos nutrientes e da energia das dietas	12
II.3. Enzimas exógenas e desempenho animal	16
II.4. Enzimas exógenas, características das carcaças, dos ossos e impacto ambiental	19
II.5. Biodigestão Anaeróbia	21
III. MATERIAL E MÉTODOS	23
III.1. Local, animais e dietas experimentais.....	23
III.2. Avaliação das digestibilidades dos nutrientes e da energia das dietas.....	27
III.3. Avaliações do desempenho, das carcaças dos animais e dos teores de Ca, P e Mg nos ossos	30
III.4. Avaliação do potencial de impacto ambiental das fezes dos animais	33
III.5. Biodigestão anaeróbia das fezes dos animais	34
III.6. Avaliação econômica da utilização das dietas	37
IV. RESULTADOS.....	38
IV.1. Avaliação da digestibilidade de nutrientes e da energia das dietas	38
IV.2. Avaliações do desempenho, das carcaças dos animais e dos teores de Ca, P e Mg nos ossos	44
IV.3. Avaliação do potencial de impacto ambiental das fezes dos animais.....	47
IV.4. Biodigestão anaeróbia das fezes dos animais	56
IV.5. Avaliação econômica da utilização das dietas	58
V. DISCUSSÃO.....	59
VI. CONCLUSÕES.....	76
VII. IMPLICAÇÕES	76
VIII. REFERÊNCIAS	77

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Composições centesimal, química e energética das dietas experimentais para suínos na Fase 1 (dos 19,90 ± 1,67 aos 31,13 ± 2,95 kg de peso).....	25
Tabela 2. Composições centesimal, química e energética das dietas experimentais para suínos na Fase 2 (dos 31,13 ± 2,95 aos 70,34 ± 6,36 kg de peso).....	26
Tabela 3. Composições centesimal, química e energética das dietas experimentais para suínos na Fase 3 (dos 70,34 ± 6,36 aos 96,49 ± 8,98 kg de peso).....	27
Tabela 4. Quantidades de fezes, água e composição dos substratos, em sólidos totais (ST) e sólidos voláteis (SV), utilizados para abastecimento dos biodigestores.....	35
Tabela 5. Médias observadas para os coeficientes de digestibilidade (CD) e valores digestíveis da MS (CDMS, MSD), MO (CDMO, MOD), EB (CDEB, ED), PB (CDPB, PD), FDN (CDFDN, FDND), FDA (CDFDA, FDAD), coeficientes de disponibilidade (CD) e valores disponíveis de P (CDP, Pdisp), Ca (CDCa, Cadisp) e Mg (CDMg, Mgdisp) de dietas com diferentes níveis nutricionais (NN), com (+) ou sem (-) a inclusão do complexo enzimático (CE), consumidas por fêmeas suínas, na Digestibilidade 1 (25,40 ± 2,15 kg de peso).....	39
Tabela 6. Médias observadas para os coeficientes de digestibilidade (CD) e valores digestíveis da MS (CDMS, MSD), MO (CDMO, MOD), EB (CDEB, ED), PB (CDPB, PD), FDN (CDFDN, FDND), FDA (CDFDA, FDAD), coeficientes de disponibilidade (CD) e valores disponíveis de P (CDP, Pdisp), Ca (CDCa, Cadisp) e Mg (CDMg, Mgdisp) de dietas com diferentes níveis nutricionais (NN), com (+) ou sem (-) a inclusão do complexo enzimático (CE), consumidas por fêmeas suínas, na Digestibilidade 2 (49,74 ± 4,47 kg de peso).....	41
Tabela 7. Médias observadas para os coeficientes de digestibilidade (CD) e valores digestíveis da MS (CDMS, MSD), MO (CDMO, MOD), EB (CDEB, ED), PB (CDPB, PD), FDN (CDFDN, FDND), FDA (CDFDA, FDAD), coeficientes de disponibilidade (CD) e valores disponíveis de P (CDP, Pdisp), Ca (CDCa, Cadisp) e Mg (CDMg, Mgdisp) de dietas com diferentes níveis nutricionais (NN), com (+) ou sem (-) a inclusão do	

complexo enzimático (CE), consumidas por fêmeas suínas, na Digestibilidade 3 (79,84 ± 7,54 kg de peso).....	43
Tabela 8. Médias observadas para ganho diário de peso (GDP), consumo diário de ração (CDR) e conversão alimentar (CA) de fêmeas suínas alimentadas com dietas contendo diferentes níveis nutricionais (NN), com (+) ou sem (-) a inclusão do complexo enzimático (CE), nos Períodos 1, 1-2 e 1-3.	45
Tabela 9. Médias observadas para espessura de tocinho média (Etm), espessura de tocinho no ponto P2 (EtP2), profundidade de lombo (PL), rendimento de carcaça (RC), porcentagem de carne magra na carcaça (CM) e quantidade de carne magra na carcaça (QCM) de fêmeas suínas alimentadas com dietas contendo diferentes níveis nutricionais (NN), com (+) ou sem (-) a inclusão do complexo enzimático (CE).	46
Tabela 10. Médias observadas para as concentrações de matéria mineral (MM), P, Ca e Mg nos ossos e concentrações destes minerais em relação às quantidades ingeridas (Q) por fêmeas suínas alimentadas com dietas contendo diferentes níveis nutricionais (NN), com (+) ou sem (-) a inclusão do complexo enzimático (CE).	46
Tabela 11. Médias observadas para excreções (E) de MS (EMS), MM (EMM), MO (EMO), N (EN), P (EP), K (EK), Ca (ECa), Mg (EMg), Zn (EZn), Cu (ECu), Mn (EMn), Na (ENa) e Fe (EFe) em fêmeas suínas alimentadas com dietas contendo diferentes níveis nutricionais (NN), com (+) ou sem (-) a inclusão do complexo enzimático (CE), no Período 1 (dos 19,90 ± 1,67 aos 31,13 ± 2,95 kg de peso).....	49
Tabela 12. Médias observadas para coeficientes de resíduos (CR) da MS (CRMS), MM (CRMM), MO (CRMO), N (CRN), P (CRP), K (CRK), Ca (CRCa), Mg (CRMg), Zn (CRZn), Cu (CRCu), Mn (CRMn), Na (CRNa) e Fe (CRFe) em fêmeas suínas alimentadas com dietas contendo diferentes níveis nutricionais (NN), com (+) ou sem (-) a inclusão do complexo enzimático (CE), no Período 1 (dos 19,90 ± 1,67 aos 31,13 ± 2,95 kg de peso).....	51
Tabela 13. Médias observadas para excreções (E) de MS (EMS), MM (EMM), MO (EMO), N (EN), P (EP), K (EK), Ca (ECa), Mg (EMg), Zn (EZn), Cu (ECu), Mn (EMn), Na (ENa) e Fe (EFe) em fêmeas suínas alimentadas com dietas contendo diferentes	

níveis nutricionais (NN), com (+) ou sem (-) a inclusão do complexo enzimático (CE), no Período 1-2 (dos $19,90 \pm 1,67$ aos $70,34 \pm 6,36$ kg de peso).....	52
Tabela 14. Médias observadas para coeficientes de resíduos (CR) da MS (CRMS), MM (CRMM), MO (CRMO), N (CRN), P (CRP), K (CRK), Ca (CRCa), Mg (CRMg), Zn (CRZn), Cu (CRCu), Mn (CRMn), Na (CRNa) e Fe (CRFe) em fêmeas suínas alimentadas com dietas contendo diferentes níveis nutricionais (NN), com (+) ou sem (-) a inclusão do complexo enzimático (CE), no Período 1-2 (dos $19,90 \pm 1,67$ aos $70,34 \pm 6,36$ kg de peso).....	53
Tabela 15. Médias observadas para excreções (E) de MS (EMS), MM (EMM), MO (EMO), N (EN), P (EP), K (EK), Ca (ECa), Mg (EMg), Zn (EZn), Cu (ECu), Mn (EMn), Na (ENa) e Fe (EFe) em fêmeas suínas alimentadas com dietas contendo diferentes níveis nutricionais (NN), com (+) ou sem (-) a inclusão do complexo enzimático (CE), no Período 1-3 (dos $19,90 \pm 1,67$ aos $96,49 \pm 8,98$ kg de peso).....	55
Tabela 16. Médias observadas para coeficientes de resíduos (CR) da MS (CRMS), MM (CRMM), MO (CRMO), N (CRN), P (CRP), K (CRK), Ca (CRCa), Mg (CRMg), Zn (CRZn), Cu (CRCu), Mn (CRMn), Na (CRNa) e Fe (CRFe) em fêmeas suínas alimentadas com dietas contendo diferentes níveis nutricionais (NN), com (+) ou sem (-) a inclusão do complexo enzimático (CE), no Período 1-3 (dos $19,90 \pm 1,67$ aos $96,49 \pm 8,98$ kg de peso).....	56
Tabela 17. Médias observadas para reduções de sólidos totais (RST) e de sólidos voláteis (RSV), sólidos voláteis reduzidos (SVR), produções de biogás (PBIO), de metano (PMET), de biogás por quilograma de sólidos totais adicionados (BSTA), por quilograma de sólidos voláteis adicionados (BSV), por quilograma de sólidos voláteis reduzidos (BSVred), por quilograma de estrume (BE), por quilograma de afluente (BAF), de metano por por quilograma de ST adicionados (MSTA), por quilograma de sólidos voláteis adicionados (MSV), por quilograma de sólidos voláteis reduzidos (MSVred), por quilograma de estrume (ME), por quilograma de afluente (MAF) das fezes de fêmeas suínas alimentadas com dietas contendo diferentes níveis nutricionais (NN), com (+) ou sem (-) a inclusão do complexo enzimático (CE).	57

Tabela 18. Custo médio em ração por quilograma de peso vivo (CMRPV), índice de eficiência econômica (IEE) e índice de custo (IC) para fêmeas suínas alimentadas com dietas contendo diferentes níveis nutricionais (NN), com (+) ou sem (-) a inclusão do complexo enzimático (CE), nos Períodos 1, 1-2 e 1-3.58

COMPLEXO ENZIMÁTICO E NÍVEIS NUTRICIONAIS DAS DIETAS PARA FÊMEAS SUÍNAS NAS FASES DE CRESCIMENTO E TERMINAÇÃO

RESUMO – O objetivo desta pesquisa foi avaliar a suplementação enzimática em dietas com diferentes níveis nutricionais na alimentação de 54 fêmeas suínas, da linha genética Agroceres/Pic. As dietas foram compostas principalmente por milho, farelo de trigo e farelo de soja, formuladas para atender 100, 95 ou 90% das exigências nutricionais dos animais, suplementadas ou não com um complexo enzimático contendo α -amilase, β -glucanase, celulase, pectinase, xilanase, protease e fitase. Foram avaliados o desempenho, os custos das dietas em função do ganho de peso e a excreção de componentes nas fezes dos animais nos seguintes períodos: 1- dos 19,90 \pm 1,67 aos 31,13 \pm 2,95 kg; 1-2 - dos 19,90 \pm 1,67 aos 70,34 \pm 6,36 kg; 1-3 - dos 19,90 \pm 1,67 aos 96,49 \pm 8,98 kg de peso; as digestibilidades das dietas quando os animais apresentaram 25,40 \pm 2,15 kg, 49,74 \pm 4,47 kg e 79,84 \pm 7,54 kg de peso; as deposições de matéria mineral, cálcio, fósforo e magnésio nos ossos e as características das carcaças ao final do período experimental, quando os animais foram abatidos. Por fim, foi avaliada a biodigestão anaeróbia das fezes dos animais que receberam as dietas que atenderam 100 e 95% das exigências nutricionais, com ou sem a adição do complexo enzimático, no final do Período 1-3. A maior parte dos resultados encontrados demonstrou que o uso do complexo enzimático na dieta formulada para atender 95% das exigências nutricionais das fêmeas suínas, nos períodos 1-2 e 1-3, trouxe bons resultados produtivos e econômicos e diminuiu o potencial de impacto ambiental da atividade. Por outro lado, atender apenas 90% das exigências nutricionais de animais com grande potencial genético para ganho de peso, independentemente do uso do complexo enzimático, é uma restrição muito drástica.

Palavras-chave: enzimas exógenas, leitões, poluição ambiental, produção e composição de fezes

ENZYME COMPLEX AND NUTRITIONAL LEVELS OF THE DIETS FOR GROWING AND FINISHING GILTS

SUMMARY – The objective of this research was to evaluate dietary supplemental enzymes in diets with different nutritional levels in the feeding of 54 gilts, Agroceres/Pic. The feeds were based mainly on corn, wheat meal and soybean meal, to achieve 100, 95 or 90% nutrient requirements of the animals, supplemented or not with an enzyme complex containing α -amylase, β -glucanase, cellulase, pectinase, xylanase, protease and phytase. The parameters evaluated were the performance of the animals, the diets costs related with the weight gain and the components excreted in the animals feces in the following periods: 1 - from 19.90 ± 1.67 to 31.13 ± 2.95 kg of live weight; 1-2 - from 19.90 ± 1.67 to 70.34 ± 6.36 kg of live weight; 1-3 - from 19.90 ± 1.67 to 96.49 ± 8.98 kg of live weight; the diets digestibility when the animals showed 25.40 ± 2.15 kg, 49.74 ± 4.47 kg and 79.84 ± 7.54 kg live weight; the calcium, phosphorous and magnesium deposition in the bone and the carcass characteristics at the end of the experimental period, when the animals were killed. The anaerobic biodigestion of the feces of the animals, which were fed the diets that achieved 100 and 95% of the nutrient requirements, with or without the enzyme complex, in the end of the Period 1-3, was evaluated. The majority of the results found demonstrated that the enzyme complex utilization in the diet formulated to achieve 95% of the gilts nutrient requirements, in the Periods 1-2 and 1-3, showed positive productive and economic results and reduced the potential environmental impact of the activity. On the other hand, to achieve only 90% of the animals nutrient requirements, independently of the use of the enzyme complex, is a too drastic restriction.

Key-words: environmental pollution, exogenous enzymes, feces production and composition, piglets

I. INTRODUÇÃO

A suinocultura é uma atividade de grande relevância na produção animal, por ser a carne suína a mais consumida no mundo. O Brasil ocupa a quarta posição na produção mundial desta carne, tendo apresentado crescente desenvolvimento. No período de 2000 a 2008, a produção e a exportação de carne suína brasileira passaram de 2010 e 162 para 3055 e 675 mil toneladas de equivalente carcaça, respectivamente (ANUALPEC, 2009).

O desenvolvimento da suinocultura nacional deve-se a diversos fatores como, grande oferta de ingredientes para as rações e de mão de obra a baixos custos, área disponível para expansão da atividade (ROPPA, 2006), assim como adoção de novas tecnologias de produção. Associada a estes fatores, tem-se constatado que a atividade suinícola brasileira, no decorrer dos últimos anos, tem sido intensificada, ou seja, a criação de suínos para subsistência vem gradativamente diminuindo e a produção intensiva aumentando. Entre os anos de 2002 e 2007 foi possível verificar que a suinocultura de subsistência diminuiu 41,4%, tendo gerado decréscimo de 43,8% na produção de carne por estas criações, enquanto que a suinocultura industrial aumentou 8,4%, com aumento de 17,9% na produção de carne (MIELE & MACHADO, 2008).

A intensificação da suinocultura reforça a preocupação com os custos de produção da atividade, por ser um tipo de exploração em que os ganhos são advindos da escala de produção, com margens de lucro bastante estreitas. Neste quesito, a alimentação dos animais tem especial relevância por representar de 70 a 75% dos custos totais da atividade (NUNES et al. 2001).

Além dos custos das rações, outro fator preocupante atualmente é o potencial de impacto ambiental relacionado à intensificação da atividade suinícola e à má destinação dos dejetos produzidos por estes animais (LIU & BAIDOO, 1997). De acordo com WILLIAMS (1995), a quantidade e a composição dos dejetos produzidos por animais, em muitos casos, excedem a capacidade do solo em recebê-los como fertilizante, de maneira que passaram a ser vistos como possíveis contaminantes ou poluentes. Na

Europa, foram propostas medidas para restringir a densidade populacional de animais, de acordo com a área disponível para distribuir os dejetos como fertilizante, até o limite de 170 kg de nitrogênio / ha / ano. DE LANGE et al. (1999) afirmaram que os efeitos negativos da suinocultura intensiva no ambiente, é um dos principais fatores que limitam o crescimento da atividade e contribuem para a visão negativa da sociedade com respeito à produção destes animais. Os mesmos pesquisadores também verificaram que as regulamentações e ou recomendações dos governos que visam minimizar os possíveis efeitos negativos da produção animal sobre o meio ambiente, implicam em maiores custos de produção, forçando a busca por alternativas que reduzam a produção de dejetos pelos animais.

SHIGAKI et al. (2006) estimaram que, em 2003, a quantidade de fósforo contida nos dejetos produzidos por suínos e aves no Brasil foi de 2,5 milhões de toneladas. Considerando que 62% desta produção ocorreu nas regiões sul e sudeste do Brasil, que ocupam 18% da área agricultável do território nacional, existe a possibilidade de acúmulo de fósforo no ambiente, o qual pode causar problemas ambientais difíceis de serem resolvidos.

De forma geral, na suinocultura intensiva pode ocorrer produção excessiva de gases causadores do efeito estufa, como o metano, pelo incorreto manejo dos resíduos, assim como os dejetos dos suínos podem conter teores de matéria orgânica e de minerais potencialmente nocivos ao ambiente. Elementos como nitrogênio, fósforo, cobre e zinco, dependendo da manipulação das fórmulas das dietas e do uso de aditivos alimentares, podem ser eliminados por meio das fezes e urina em maiores ou menores quantidades, tornando-se potenciais agentes poluidores (PENZ Jr. 1998), contaminando o solo, a água e o ar (WILLIAMS, 1995). A porção excretada destes elementos corresponde à fração contida nos alimentos que não foi digerida, absorvida ou retida pelo animal, ou seja, a produção e as características físico-químicas dos dejetos estão diretamente relacionadas ao manejo, à nutrição e à alimentação dos suínos (OLIVEIRA, 2001).

Fatores, que podem afetar a composição e o volume de dejetos produzidos, são o desempenho dos animais, a eficiência alimentar, a composição das dietas e,

relacionada às três primeiras, a digestibilidade dos nutrientes da dieta (PENZ Jr. et al. 1999). Henry (1996) citado por PENZ Jr. et al. (1999), sugeriu que para cada melhoria de 0,1 na conversão alimentar, a excreção de nitrogênio é reduzida em 3%.

Desta forma, atualmente, o estudo da nutrição e da alimentação animal tem como objetivos buscar meios para aliar incrementos na produtividade, redução de custos e minimização do impacto ambiental gerado pela produção de dejetos. Tais pontos podem ser atingidos de várias formas, sendo uma delas a melhoria na digestibilidade dos nutrientes das dietas, por meio do emprego de enzimas exógenas na alimentação animal (FERKET et al. 2002; AARNINK & VERSTEGEN, 2007).

Objetivou-se com este trabalho avaliar a ação de um complexo enzimático adicionado às dietas, formuladas com diferentes concentrações nutricionais, compostas principalmente por milho, farelo de trigo e farelo de soja, e fornecidas a fêmeas suínas nas fases de crescimento e de terminação. Para tanto, foram avaliados o desempenho, as digestibilidades das dietas, as características das carcaças, a deposição de minerais nos ossos dos animais, a excreção de resíduos, a biodigestão anaeróbia das fezes e os custos das dietas em função do ganho de peso dos suínos.

II. REVISÃO DA LITERATURA

II.1. Polissacarídeos não amiláceos, ácido fítico e enzimas exógenas

Certos compostos presentes em ingredientes de origem vegetal, como os polissacarídeos não amiláceos (PNA's) e o ácido fítico ou fitato, não são digeridos enzimaticamente por não-ruminantes e interferem na degradação e na absorção dos nutrientes e da energia da dieta, os quais poderiam ser aproveitados pelos animais (DIERICK & DECUYPERE, 1994). Tais fatos ocorrem, pois estes animais não sintetizam ou produzem em quantidades insuficientes as enzimas necessárias para

digestão destes compostos (GRAHAM, 1996; SOTO-SOLANOVA, 1996; PENZ Jr., 1998).

Os PNA's, como as β -glucanas, arabinoxilanas e celulose, são os principais componentes da fibra dietética presentes em cereais, fazendo parte da parede celular vegetal. Em plantas dicotiledôneas os PNA's podem, além de fazerem parte da parede celular, serem também carboidratos de reserva, constituindo-se principalmente em substâncias pécticas. A magnitude e as maneiras pelas quais a fibra dietética interfere na digestibilidade dos nutrientes e da energia de dietas para suínos, dependem da origem botânica dos PNA's que compõem a fibra, das proporções relativas dos tecidos que recobrem o endosperma no cereal (camada de aleurona, pericarpo/testa, cascas), da solubilidade destes polissacarídeos, de suas propriedades físico-químicas, da concentração na dieta, da espécie e idade animal (DIERICK et al. 1989; BACH KNUDSEN, 1997, 2001; SOUFFRANT, 2001; WENK, 2001; MONTAGNE et al. 2003).

Os PNA's podem ser classificados como solúveis e insolúveis, sendo que em tecidos como a casca da cevada e o pericarpo/testa do centeio, milho e trigo, existem compostos insolúveis na forma de arabinoxilanas, celulose e lignina. Já na camada de aleurona e subaleurona encontram-se as β -glucanas e arabinoxilanas, tanto solúveis como insolúveis (BACH KNUDSEN, 1997).

A presença de PNA's solúveis na dieta pode aumentar a viscosidade do quimo, levando à queda da taxa de difusão das partículas na digesta, diminuindo o contato enzimas-substrato (CAMPBELL & BEDFORD, 1992). Desta forma, a digestibilidade dos nutrientes é prejudicada, sua absorção diminuída e o tempo de retenção da digesta no trato gastrointestinal aumentado. Conseqüentemente, ocorre diminuição no consumo de ração e maior disponibilidade de nutrientes para proliferação de microrganismos possivelmente nocivos, como *Escheriachia coli* (McDONALD et al. 2001) e *Serpulina hyodysenteriae* (PLUSKE et al. 1998b) no intestino. Além disso, McDONALD et al. (2001) também verificaram que leitões que consumiram dieta contendo 4% de uma fonte sintética de fibra solúvel de alta viscosidade, apresentaram menores altura das vilosidades e relação altura das vilosidades e profundidade das criptas, quando comparados àqueles recebendo dietas sem esta fibra solúvel.

Estes PNA's, por serem passíveis de fermentação microbiana no intestino grosso, podem ser degradados a ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), que serão absorvidos e utilizados para produção de energia pelo animal. Entretanto, a energia oriunda dos AGCC é menor do que a produzida pela degradação enzimática e absorção de carboidratos no intestino delgado. Esta diferença está relacionada com perdas durante o processo de fermentação, em que há produção de CH_4 , H_2 e calor e pela menor eficiência na utilização dos AGCC no metabolismo intermediário dos animais (DIERICK et al. 1989; NOBLET & LE GOFF, 2001).

Por outro lado, os PNA's insolúveis podem irritar a mucosa intestinal por abrasão mecânica, levando à perda de células epiteliais e também aumentar a produção de secreções gástricas, biliares, pancreáticas, de muco e água (VAREL & YEN, 1997). Em função de suas características físico-químicas, estes PNA's promovem diminuição no tempo de retenção da digesta, adsorção de nutrientes e aumento da capacidade de retenção de água. Assim, ocorrem quedas no aproveitamento dos nutrientes dietéticos (MONTAGNE et al. 2003). Para suínos em crescimento, a ingestão de dieta contendo 100 g de fibra de trigo / kg de ração, durante 14 dias, causou aumento na largura das vilosidades e maior profundidade das criptas no jejuno e no íleo, aumentou a taxa de proliferação de células e a profundidade das criptas no intestino grosso, quando comparada à mesma dieta sem inclusão desta fonte de fibra (JIN et al. 1994).

SCHULZE et al. (1994) utilizaram uma fonte de fibra purificada derivada do trigo em dietas contendo 3, 6, 12 e 18% de fibra em detergente neutro (FDN), para suínos com 20 kg de peso, e verificaram diminuições nas digestibilidades ileais da matéria seca e do nitrogênio e nas disponibilidades das cinzas e aumentos lineares nas excreções de nitrogênio endógeno e exógeno, com o aumento do teor de FDN nas dietas. De forma similar, SCHULZE et al. (1995) demonstraram que a elevação nos níveis de FDN nas dietas de leitões, sendo esta derivada de fontes purificadas ou não e ricas em fibras insolúveis, aumentaram o fluxo de matéria seca no íleo e reduziram a utilização do nitrogênio. Este último efeito foi associado ao aumento nas perdas endógenas de nitrogênio no íleo e à não digestão da proteína dietética neste segmento do intestino.

Os PNA's, sejam solúveis ou insolúveis, por não serem digeridos, mantêm dentro das células vegetais compostos ricos em energia, como carboidratos solúveis, lipídeos e proteínas (BEDFORD, 2000), que serão parcialmente degradados e aproveitados no ceco (LIU & BAIDOO, 1997).

O consumo de alimentos com elevados teores de PNA's, pode levar ao aumento no tamanho dos órgãos gastrintestinais (DIERICK et al. 1989; PLUSKE et al. 1998ab), e à maior produção de secreções digestivas, que pode estar associada a reduções nos níveis plasmáticos de glicose, causadas pelos PNA's, que inibem a produção do polipeptídeo inibitório gástrico, aumentando a produção de gastrina. Esta maior liberação de gastrina pode ser estimulada, também, por aumentos na distensão do estômago. Com maiores níveis de gastrina, a produção de secreções gástricas é aumentada e substâncias ácidas atingem o duodeno e a entrada destas substâncias no intestino delgado estimula a liberação de secretina que, por sua vez, promove a liberação de suco pancreático e eletrólitos. Todos estes processos podem representar alto custo metabólico para animais não-ruminantes, gerando efeitos negativos na eficácia do aproveitamento energético das rações (LOW, 1989).

A espécie vegetal a ser utilizada e seus teores em PNA's são pontos importantes, visto que diferentes espécies contêm tipos diversos e teores variados de PNA's. Ingredientes como a cevada e a aveia contêm, proporcionalmente, maiores teores de PNA's solúveis, como as β -glucanas, do que de insolúveis, como as xilanas, em relação ao trigo, centeio, triticale e milho (BACH KNUDSEN, 1997). Contrariamente, na casca de soja observa-se maior concentração de PNA's insolúveis, como a celulose (MONTAGNE et al. 2003).

GLITSO et al. (1998) verificaram distintos efeitos no processo digestivo de suínos em crescimento, provocados por dietas contendo diferentes porções do centeio, com polissacarídeos estruturalmente diferentes. Estes autores forneceram aos animais diferentes dietas contendo centeio integral, pericarpo/testa (PNA's insolúveis), camada de aleurona (PNA's solúveis) ou endosperma (baixo teor em PNA's). De forma geral, os suínos, que receberam as dietas contendo endosperma, apresentaram melhores digestibilidades da fração proteica e da matéria seca do que os demais. Os animais que

consumiram as dietas com pericarpo/testa apresentaram o menor tempo de retenção no trato gastrointestinal e naqueles que ingeriram a camada de aleurona nas dietas, verificou-se o menor valor de pH no intestino grosso, demonstrando a elevada ocorrência de processos fermentativos neste compartimento do intestino.

Além das variações em função da natureza dos PNA's, ocorrem também alterações de seus efeitos em função da idade do animal. Suínos em crescimento tendem a ser mais sensíveis aos efeitos nocivos dos PNA's sobre a digestão e a absorção de nutrientes, apresentando menores digestibilidades tanto da fibra como dos demais nutrientes e da energia das dietas, do que animais em terminação (LE GOFF et al. 2002). Estes pontos podem ser explicados pela imaturidade do sistema digestório destes animais (DIERICK & DECUYPERE, 1994), ao menor volume ou tamanho do intestino grosso em relação ao tamanho corporal (NOBLET & LE GOFF, 2001) e à menor atividade microbiana também neste segmento do intestino (VAREL & YEN, 1997).

Portanto, todos estes efeitos reduzem a eficiência de utilização das dietas pelos animais, em função do não aproveitamento das unidades formadoras dos PNA's como fonte de energia, da não utilização dos nutrientes associados à fibra dietética ou ainda da não digestão e absorção dos nutrientes em função dos efeitos causados pelos PNA's. Vale ressaltar, também, o custo metabólico referente aos aumentos no tamanho dos órgãos do sistema digestório e para produção de secreções digestivas.

Outro composto presente nos ingredientes de origem vegetal e que pode interferir negativamente na digestibilidade das dietas é o ácido fítico ou fitato, que está predominantemente presente na forma de ester mioinositol hexafosfato, ligado a três íons de magnésio e seis íons de potássio (KASIM & EDWARDS, 1998). É sabido que de 60 a 80% do fósforo contido nos cereais encontra-se complexado a esta molécula, não sendo disponível para animais não-ruminantes, que produzem a enzima fitase em quantidades insuficientes para desfosforilar adequadamente o fitato (SELLE & RAVINDRAN, 2008).

Além disso, este composto pode formar sais com outros minerais, como o cálcio, o magnésio, o zinco e o ferro, ou ainda complexar-se a proteínas, que contenham

unidades de aminoácidos básicos como arginina, histidina e lisina, influenciando negativamente a digestibilidade deste nutriente e a disponibilidade dos minerais. Acredita-se também que o fitato possivelmente interfira negativamente na utilização da energia da dieta, possivelmente por inibir a atividade da enzima α -amilase ou pela diminuição da digestibilidade da proteína da dieta, contudo estes mecanismos necessitam de mais estudos para serem plenamente elucidados (SELLE & RAVINDRAN, 2008).

A quantidade de fósforo proveniente dos ingredientes de origem vegetal nas dietas seria suficiente para atender às necessidades desse mineral pelos suínos. Entretanto, como a maior parte está ligada à molécula de fitato, há necessidade de suplementá-lo por meio da adição de fontes inorgânicas e como consequência, tem-se a excreção de todo o fósforo excedente.

O milho contém de 2,30 a 2,90 gramas de fósforo por quilograma, sendo que de 66 a 85% deste mineral está ligado ao fitato (SELLE & RAVINDRAN, 2008) e entre 9,00 e 10,30% de PNA's totais na matéria seca (DIERICK & DECUYPERE, 1994), principalmente arabinosilanas e celulose, na maior parte insolúveis, distribuídos nos tecidos que recobrem o endosperma e no gérmen. A casca do milho perfaz aproximadamente 5% do peso do grão e contribui com 51% de sua porção fibrosa, enquanto que o gérmen corresponde a 11% do peso do cereal e contribui com apenas 16% da porção fibrosa (Watson, 1987, citado por MOESER et al. 2002).

O trigo apresenta de 2,90 a 4,09 gramas de fósforo por quilograma, e de 55 a 79% está ligado à molécula de fitato (SELLE & RAVINDRAN, 2008) e 11,9% de PNA's totais na matéria seca, em sua maioria, como no milho, arabinosilanas e celulose insolúveis, distribuídos nos tecidos que recobrem o endosperma (BACH KNUDSEN, 1997). Já o farelo de trigo contém de 8,02 a 13,71 gramas de fósforo por quilograma, e de 50 a 87% encontra-se ligado ao fitato (SELLE & RAVINDRAN, 2008) e em torno de 37,4% de PNA's totais na matéria seca (BACH KNUDSEN, 1997).

O farelo de soja contém entre 5,70 e 6,94 gramas de fósforo por quilograma, sendo que de 53 a 68% encontra-se ligado ao fitato. Embora seja o principal ingrediente proteico utilizado em dietas de suínos, os carboidratos compõem 40% do seu peso

seco, apresentando 21,7% de PNA's totais na matéria seca (BACH KNUDSEN, 1997). A metade destes carboidratos é não estrutural, incluindo açúcares de baixo peso molecular, oligossacarídeos e pequenas quantidades de amido, ao passo que o restante é composto de polissacarídeos estruturais, com grande porção de substâncias pécticas. Dos carboidratos não estruturais, acredita-se que os açúcares de baixo peso molecular e o amido são totalmente digeridos por não-ruminantes, enquanto que as substâncias pécticas não o são (DIERICK & DECUYPERE, 1994; KARR-LILIENTHAL et al. 2005).

Na alimentação de suínos, diversas estratégias nutricionais podem ser utilizadas com o intuito de melhorar a eficiência de utilização da energia e dos nutrientes das dietas, de maneira a otimizar o desempenho dos animais e diminuir a excreção de nutrientes. A utilização de enzimas exógenas nas dietas é uma delas e objetiva o melhor aproveitamento dos nutrientes e da energia, assim como a redução na variação da qualidade nutricional de determinados ingredientes (BEDFORD, 2000). O emprego de enzimas exógenas nas dietas visa complementar a síntese de enzimas endógenas pelo animal ou fornecer tipos de enzimas não produzidas pela espécie suína, objetivando degradar compostos específicos nos ingredientes de origem vegetal (LIU & BAIDOO, 1997).

Melhorias na digestibilidade de compostos como os PNA's e o ácido fítico, presentes em ingredientes de origem vegetal, podem ser obtidas pelo emprego de enzimas exógenas nas dietas. Existem diversos produtos comerciais, compostos por enzimas isoladas ou por complexos enzimáticos para uso na alimentação animal, mas os efeitos benéficos da suplementação enzimática têm melhor oportunidade de se expressarem pela utilização de coquetéis ou complexos enzimáticos do que de enzimas isoladas (DIERICK & DECUYPERE, 1994). Nas dietas de não ruminantes, geralmente há uma mistura de compostos com características antinutricionais (PNA's, fitatos), que interagem entre si e com outros compostos da dieta. Assim, o uso de diversas enzimas conjuntamente, porém específicas para os substratos, tendem a apresentar melhores resultados do que enzimas isoladas. Essas enzimas estão divididas, basicamente, em três classes: proteases, carboidrases e fitases.

As proteases, quando adicionadas às dietas contendo soja ou seus derivados, têm como alvo a degradação de fatores antinutricionais, como inibidores de tripsina, lectinas e proteínas alergênicas (THORPE & BEAL, 2001).

A utilização de carboidrases nas dietas com níveis mais elevados de PNA's solúveis levam à diminuição na viscosidade do quimo, assim como em suas implicações indesejáveis. Estas enzimas ao degradarem os PNA's, tanto solúveis como insolúveis, alteram o local de digestão destes compostos, do ceco para o intestino delgado, e expõem seu conteúdo celular, antes protegido, aumentando a ação das enzimas endógenas (COWAN et al. 1996; LIU & BAIDOO, 1997). Além disso, substâncias oriundas da quebra de certos PNA's solúveis podem servir de substrato para a proliferação de bactérias benéficas em detrimento das nocivas, no intestino delgado dos animais (BEDFORD, 2000).

Segundo CROMWELL et al. (1993), a fitase atua nos grupos fosfóricos do ácido fítico, liberando parte do fósforo e de outros minerais, como o cálcio, o zinco, o magnésio e o ferro para absorção pelos animais, reduzindo significativamente a excreção de fósforo e dos demais minerais nas fezes. Além disso, alguns aminoácidos ligados ao ácido fítico podem também ser disponibilizados pelo uso da fitase. BRADY et al. (2003) também sugeriram que a fitase pode melhorar o aproveitamento da energia das dietas.

Diversos fatores contribuem para a maneira como as enzimas exógenas irão atuar no trato gastrintestinal dos animais, determinando sua eficácia em promover melhorias na digestibilidade e no desempenho animal. Tais fatores incluem o tipo de enzima, sua origem, atividade enzimática, nível de inclusão e especificidade pelo substrato, faixa de pH em que a enzima é capaz de expressar sua atividade, resistência às secreções digestivas e a variações no pH do trato digestório do animal, forma de processamento da dieta, ingredientes e ou quantidade de substrato alvo na dieta e idade do animal (CHESSON, 1993; COWAN et al. 1996).

Em experimento conduzido por INBORR et al. (1993), duas β -glucanases oriundas de diferentes linhagens de *Trichoderma longibrachiatum* e obtidas sob diferentes condições, apresentaram atividades distintas, assim como faixas de pH e

temperaturas para máxima atividade. Com relação à atividade enzimática, KIES et al. (2006) verificaram que concentrações crescentes de fitase (0, 100, 250, 500, 750, 1500 ou 15000 FTU/ kg de ração), adicionadas a dietas compostas principalmente por milho, cevada e farelo de soja, aumentaram linearmente as disponibilidades da matéria mineral e dos minerais cálcio, fósforo, magnésio, sódio e potássio, o consumo de ração, o ganho de peso e a eficiência alimentar de leitões recém desmamados.

THACKER & BAAS (1996) conduziram uma série de experimentos para avaliar o efeito do pH sobre a atividade de pentosanases. Em testes *in vitro* com dez enzimas comerciais, os autores verificaram baixas atividades enzimáticas em pH 2,5 ou 6,5, pequeno aumento em pH 3,5 e maiores atividades em pH 4,5 ou 5,5. Sequencialmente, foram avaliados os efeitos da mudança do pH sobre a atividade enzimática em cinco marcas comerciais de pentosanases. A maioria delas se manteve estável quando o pH foi elevado de 4,5 para 5,5. A passagem de pH 3,5 para 5,5 promoveu perda parcial da atividade enzimática e de pH 2,5 para 5,5 comprometeu seriamente a atividade das enzimas. Estas comparações se deram em relação à atividade de enzimas mantidas em pH 5,5. Após as avaliações *in vitro*, os autores determinaram as atividades de quatro destas enzimas exógenas, no início do duodeno de suínos com aproximadamente 35 kg de peso as quais foram estáveis, sendo detectado 84% da atividade inicial após 4 horas da alimentação. Os autores atribuíram esta alta atividade enzimática no duodeno ao efeito protetor da digesta sobre as enzimas no estômago dos animais, impedindo que suas atividades fossem deterioradas pelo baixo pH estomacal. De modo contrário, BAAS & THACKER (1996), analisando a estabilidade de β -glucanases em condições similares às utilizadas no trabalho com pentosanases, verificaram apenas 26% da atividade inicial da enzima no duodeno.

A ação das enzimas exógenas pode variar em função do tipo e da quantidade do ingrediente alvo incluído na dieta, pela variedade do ingrediente e mesmo pela partida de uma determinada variedade (PENZ Jr. et al. 1999). O'CONNELL et al. (2005) encontraram diferenças significativas nas digestibilidades da energia e da hemicelulose, e na excreção diária de fezes, pela suplementação enzimática de dietas contendo cevada ou trigo para suínos na fase de terminação. Os animais, que receberam dietas

contendo trigo e suplementadas com as enzimas β -glucanase e xilanase, apresentaram maiores digestibilidades da energia e da hemicelulose, porém geraram maior excreção de fezes, comparativamente àqueles que consumiram dietas contendo cevada e suplementadas com as mesmas enzimas.

A idade do animal é um importante fator na resposta à suplementação enzimática (LIU & BAIDOO, 1997), tendo em vista que os mais jovens têm o sistema digestório imaturo e produção insuficiente de diversas enzimas para digestão de ingredientes de origem vegetal. Assim, fatores antinutricionais presentes nestes ingredientes afetam mais severamente os animais jovens do que os adultos, fato que possibilita maior expressão dos efeitos positivos das enzimas exógenas adicionadas às dietas destes animais.

II.2. Enzimas exógenas e digestibilidades dos nutrientes e da energia das dietas

Alguns trabalhos têm sido conduzidos para avaliar a adição de enzimas exógenas e seus efeitos sobre a digestibilidade dos nutrientes das dietas. De forma geral, os resultados têm sido variados em função do tipo de enzima utilizada, dos ingredientes das dietas e da idade dos suínos, o que torna importante a observação cautelosa destes pontos para o entendimento e comparação dos resultados das pesquisas acerca do tema em questão.

Na literatura foram relatadas utilizações de grande variedade de enzimas, de forma isolada ou em complexos, com diferentes atividades enzimáticas, adicionadas a dietas contendo ingredientes distintos e para animais de diferentes idades. A grosso modo é possível afirmar que os dados científicos sobre digestibilidade de nutrientes e suplementação enzimática são mais consistentes para leitões recém-desmamados, consumindo dietas com ingredientes como a cevada, o trigo e a colza e pelo uso de β -glucanase, xilanase, α -galactosidase e fitase. Contudo, em alguns trabalhos com

animais em crescimento e terminação também foram verificados efeitos positivos da adição de enzimas exógenas sobre a digestibilidade das dietas.

BEDFORD et al. (1992) verificaram que a suplementação de β -glucanase, à dieta com cevada e farelo de soja, melhorou em 18,83% a digestibilidade da proteína no cólon, em relação à dieta com os mesmos ingredientes sem a inclusão da enzima. De forma semelhante, comparando dois complexos enzimáticos, contendo amilase, xilanase e β -glucanase, diferindo quanto à origem e forma de obtenção da β -glucanase, adicionados a dietas contendo, principalmente, cevada, trigo e farelo de soja, fornecidas para leitões desmamados, INBORR et al. (1993) encontraram resultados positivos. As digestibilidades da β -glucana no terceiro e quarto quartos do intestino delgado aumentaram em 85 e 124%, respectivamente, assim como a digestibilidade dos PNA's solúveis no quarto final do intestino delgado mudou de valores negativos nos animais que receberam a dieta sem os complexos enzimáticos, para valores de 9 e 21% naqueles que consumiram as suplementadas com as enzimas. Um destes complexos enzimáticos também melhorou em 5,6% a digestibilidade da matéria seca, e em 2,95% do amido no último quarto do intestino delgado.

A inclusão de β -glucanase e xilanase em dietas para leitões recém-desmamados foi estudada por LI et al. (1996) em dois experimentos. No primeiro, trabalhando com dietas contendo farelo de soja e cevada, a suplementação com as enzimas proporcionou melhorias de 10,98, 13,04, 9,55 e 14,98% nas digestibilidades ileais da matéria seca, proteína bruta, energia bruta e β -glucanas, respectivamente. As digestibilidades ileais dos aminoácidos essenciais, exceto lisina, foram incrementadas de 6,15 a 16,93%. Com exceção das β -glucanas, a digestibilidade fecal de todos os outros nutrientes citados também melhorou com a inclusão das enzimas nas dietas. Na segunda avaliação, estudando dietas contendo, principalmente, trigo e farelo de soja, houve melhora apenas nas digestibilidades ileal da β -glucana (13,61%) e fecal da energia bruta (1,85%). De maneira semelhante, JENSEN et al. (1998) verificaram melhorias de 27,72 a 155,86% na digestibilidade das β -glucanas, medida em diferentes segmentos do intestino delgado, em leitões consumindo dietas contendo diferentes variedades de cevada suplementadas com β -glucanase.

GDALA et al. (1997) estudaram as digestibilidades ileais de carboidratos, proteína e gordura em suínos de 4 semanas de idade, e verificaram que a suplementação de xilanase, em dietas contendo cevada, trigo e farelo de soja, melhorou o coeficiente de digestibilidade ileal da xilose e a suplementação de α -galactosidase, xilanase e protease em dieta contendo cevada, trigo, ervilha, colza e farelo de soja levou a melhorias nas digestibilidades da xilose, arabinose e da matéria seca, comparativamente à dieta com os mesmos ingredientes porém sem enzimas.

Entretanto, em alguns trabalhos a suplementação enzimática a dietas contendo milho e farelo de soja para leitões apresentou bons resultados. NERY et al. (2000) verificaram que a adição de amilase, lipase e protease, separadamente, ou de um complexo enzimático, contendo as mesmas enzimas a dietas para suínos na fase inicial, resultaram em aumentos de 0,26% a 2,31% nos coeficientes de digestibilidade da proteína bruta, em relação à dieta controle sem enzimas. De forma semelhante, KIM et al. (2003) constataram que uma mistura de carboidrases (α -galactosidase, mananase e manosidase) promoveu melhorias na eficiência alimentar, na digestibilidade ileal aparente da energia, lisina, treonina e triptofano e maior altura de vilosidades intestinais em leitões recém-desmamados. Também foram verificadas menores concentrações de estaquiose na digesta nas porções proximal e distal e de rafinose na porção distal do intestino delgado dos animais que receberam suplementação enzimática.

De maneira contrária, YIN et al. (2001), visando estudar possível sinergismo entre enzimas e antibiótico, reportaram que a suplementação com xilanase, antibiótico ou ambos em dietas contendo trigo, para suínos em torno de 20 kg de peso, não influenciou as digestibilidades aparentes, ileal e fecal, de PNA's, da fibra em detergente neutro, da energia, da proteína, dos aminoácidos e da matéria seca. De forma similar, a inclusão de diferentes concentrações de um complexo enzimático contendo α -amilase, xilanase e β -glucanase em dietas contendo cevada, processada termicamente ou não, para leitões, não afetou a digestibilidade ileal do amido e as digestibilidades totais da energia, proteína, fibra bruta, extrato etéreo e amido (MEDEL et al. 2002).

Resultados positivos no aproveitamento dos nutrientes dietéticos por animais em crescimento, recebendo rações suplementadas com enzimas, foram demonstrados em

alguns trabalhos. PLUSKE et al. (1998c) avaliaram um complexo enzimático contendo amilase, celulase, pentosanase, protease e α -galactosidase, sobre as digestibilidades dos nutrientes e da energia para suínos em crescimento, consumindo dietas contendo cevada e farelo de soja ou cevada e canola. Nas dietas com farelo de soja, a suplementação com enzimas proporcionou aumentos de 8,01 e 7,06% nas digestibilidades totais da energia e matéria orgânica, respectivamente, enquanto naquelas contendo canola e complexo enzimático, estas digestibilidades aumentaram em 8,27 e 12,86%, respectivamente, em relação à dieta sem inclusão do complexo enzimático.

A adição de xilanase à dieta contendo milho, farelo de soja e casca de soja (22,2% de FDN) para suínos em crescimento aumentou em 2,3% e 2,6% as digestibilidades da matéria seca e energia, respectivamente, em comparação ao observado em animais consumindo ração com mesmo teor de FDN e sem enzimas (MOESER e van KEMPEN, 2002). Similarmente, BARRERA et al. (2004) determinaram que a inclusão de 0,02% de xilanase, correspondendo a 11000 unidades de xilanase por quilograma de dieta, em dieta composta por 97% de farelo de trigo, minerais e vitaminas, para suínos em crescimento, trouxe melhorias no aproveitamento de alguns nutrientes. Os incrementos nos coeficientes de digestibilidade da proteína, aminoácidos essenciais e não essenciais, observados nos animais que receberam a dieta contendo esta concentração em relação aos que consumiram a dieta sem enzima foram de 7,13, 6,50 a 17,05 e 3,42 a 18,85%, respectivamente.

BRAÑA et al. (2006) avaliaram concentrações crescentes de duas fitases distintas, sobre a disponibilidade do fósforo em dietas compostas principalmente por milho e farelo de soja, com teores reduzidos de fósforo, para suínos em crescimento e observaram que os teores do mineral disponíveis nas dietas aumentaram de 0,06 a 0,17 gramas a cada 100 unidades de fitase adicionadas às dietas. KIM et al. (2008) testaram a inclusão, conjunta e separadamente, de fitase e xilanase em dietas de suínos em crescimento, compostas principalmente por trigo, farelo de soja e canola e com reduções de 3% na energia digestível, 30% no fósforo total e 20% no cálcio, sobre as digestibilidades da matéria seca, energia, proteína e as disponibilidades de fósforo e

cálcio das dietas. As avaliações foram efetuadas quando os animais apresentaram aproximadamente 30 kg, e posteriormente quando apresentaram 60 kg. No primeiro período, foram verificadas melhorias nas disponibilidades do fósforo e do cálcio pelo emprego da fitase isoladamente e também em conjunto com a xilanase. No segundo, foram observadas melhorias nas disponibilidades do fósforo, tanto pelo uso das enzimas separadamente como em conjunto, do cálcio, apenas quando se empregou a fitase isoladamente, e incrementos nas digestibilidades da matéria seca, energia e proteína pela adição das enzimas em conjunto.

Em algumas pesquisas, a suplementação enzimática em dietas para suínos nas fases de crescimento e terminação não demonstrou efeitos positivos no aproveitamento dos nutrientes das dietas. MAVROMICHALIS et al. (2000) não encontraram resultados consistentes testando a inclusão de xilanase em dietas contendo trigo moído em diferentes granulometrias, para suínos na fase de terminação e verificaram que a enzima não foi efetiva em promover melhorias nas digestibilidades dos nutrientes e da energia das dietas. Similarmente, RUIZ et al. (2008) não verificaram efeitos positivos sobre a digestibilidade de nutrientes de dietas contendo milho e farelo de soja e suplementadas com um complexo enzimático composto de amilase, celulase, pentosanase, protease e α -galactosidase para suínos na fase de crescimento.

II.3. Enzimas exógenas e desempenho animal

Os efeitos da inclusão de enzimas isoladas ou de complexos enzimáticos em dietas sobre o desempenho de suínos têm sido contraditórios. NERY et al. (2000), avaliaram o desempenho de suínos dos 10 aos 30 kg de peso, alimentados com dietas compostas principalmente por milho e farelo de soja e suplementadas separadamente com amilase, lipase e protease ou com um complexo enzimático contendo estas três enzimas. Não observaram efeitos da adição das enzimas sobre o consumo diário de

ração e o ganho diário de peso, mas a adição de protease melhorou a conversão alimentar.

TEIXEIRA et al. (2001) trabalharam com três concentrações (0,2; 0,4 e 0,6%) de um complexo enzimático, contendo amilase, celulase e protease, adicionado às dietas contendo milho, farelo de soja e soro de leite em pó, para leitões dos 28 aos 45 dias de idade e observaram aumento linear no ganho de peso e no consumo de ração com o aumento nos níveis do complexo.

Trabalhando com leitões na fase inicial, KIM et al. (2003) compararam a inclusão de 0,0, 0,1 e 0,2% de uma mistura de carboidrases (α -galactosidase, mananase e manosidase) às dietas contendo milho e farelo de soja e verificaram que os animais que consumiram aquela com 0,1% das enzimas apresentaram melhoria de 9% na eficiência alimentar em relação aos que consumiram a dieta sem enzimas.

Estudando a suplementação de níveis crescentes de duas fitases distintas para suínos nas fases inicial, de crescimento e de terminação, alimentados com dietas compostas principalmente por milho e farelo de soja e deficientes em fósforo, BRAÑA et al. (2006) encontraram resultados positivos pela inclusão das enzimas. Para os leitões na fase inicial, verificou-se aumento linear na eficiência alimentar pelo emprego das enzimas, enquanto nas de crescimento e de terminação o ganho diário de peso e a eficiência alimentar dos animais também foram incrementados de forma linear pelo uso das enzimas.

Contrariamente, a inclusão de enzimas exógenas em dietas para suínos jovens, mostrou resultados insatisfatórios em alguns trabalhos. INBORR et al. (1993) estudaram a suplementação com dois complexos enzimáticos às dietas contendo cevada, trigo e farelo de soja, fornecidas para leitões recém desmamados. Os complexos continham amilase, xilanase e β -glucanase, diferindo quanto à origem e forma de obtenção da β -glucanase. Não foi observada interferência da suplementação enzimática sobre o desempenho dos animais. De modo semelhante, OFFICER (1995) não encontrou efeitos positivos no desempenho de leitões, nos períodos pré e pós desmama, quando receberam diferentes tipos de xilanase, em dietas contendo trigo.

Dietas contendo milho, cevada, trigo, aveia e farelo de soja, diferentes concentrações de lisina e suplementadas ou não com um complexo enzimático composto por celulase, amilase, α -galactosidase, pentosanase e protease, foram testadas para leitões com 28 dias de idade, não sendo detectados efeitos sobre o desempenho dos animais (SPRING et al. 1998). Analogamente, MEDEL et al. (2002) verificaram que a inclusão de diferentes concentrações de um complexo enzimático contendo α -amilase, xilanase e β -glucanase em dietas com cevada, processada termicamente ou não, não afetou o desempenho de leitões desmamados aos 19 dias de idade.

Na literatura, os resultados sobre a utilização de enzimas exógenas na alimentação de suínos em crescimento e terminação, também têm se mostrado conflitantes. LINDEMANN et al. (1997) estudaram a suplementação de dietas com um complexo enzimático contendo protease, celulase, pentosanase, α -galactosidase e amilase, sobre o desempenho de suínos dos 26 aos 109 kg. Os tratamentos consistiram na adição ou não das enzimas em dietas com alta ou baixa energia (dietas compostas principalmente por milho e farelo de soja com ou sem a inclusão de farelo de trigo). Naquelas com alta energia, verificaram aumento no ganho diário de peso, 837g vs 771g e 855g vs 799g, na fase de crescimento (dos 26 aos 64kg) e no período total, respectivamente, para os animais que receberam a dieta contendo o complexo enzimático. Aquelas com baixa energia promoveram piora no desempenho dos animais, comparadas com as de alta energia, e não se observou efeito positivo da inclusão do complexo enzimático.

De maneira semelhante, BAUCCELLS et al. (2000) observaram efeito positivo sobre o desempenho de suínos em crescimento e terminação, pela suplementação com α -galactosidase em dietas contendo milho, cevada, farelo de soja e ervilha. Na fase de crescimento a conversão alimentar melhorou de 2,61 para 2,46, enquanto que na de terminação, de 3,42 para 3,15. Na fase de terminação, a inclusão da enzima aumentou 107g no ganho diário de peso dos animais.

Em outras pesquisas, testando a suplementação enzimática para suínos em crescimento ou em terminação, não foram observados resultados positivos no

desempenho dos animais. Nestes trabalhos, foram avaliadas pentosanases, β -glucanases ou misturas de carboidrases com proteases em dietas contendo centeio, cevada, trigo ou milho, como fontes energéticas e farelo de soja ou canola como fontes protéicas (THACKER & BAAS, 1996; PLUSKE et al. 1998c; YIN et al. 2000; BARRERA et al. 2004; O'CONNELL et al. 2005; RUIZ et al. 2008), sendo que o ganho de peso e a conversão alimentar não foram melhorados em decorrência de incrementos muito pequenos na digestibilidade de nutrientes proporcionados pelas enzimas ou pela aplicação dos aditivos enzimáticos em dietas com níveis nutricionais ótimos.

II.4. Enzimas exógenas, características das carcaças, dos ossos e impacto ambiental

Na literatura, vários trabalhos demonstraram efeitos positivos da suplementação de dietas com a enzima fitase. SHELTON et al. (2004), trabalhando com suínos nas fases de crescimento e terminação, compararam dietas contendo milho e farelo de soja, com concentrações de 0,60% de cálcio e 0,24% de fósforo disponível, ou 0,50% de cálcio e 0,14% de fósforo disponível, suplementadas ou não com 500 unidades de fitase por quilograma de dieta e verificaram reduções no ganho de peso, no peso da carcaça quente, no rendimento de carcaça, na quantidade de carne na carcaça, no teor de cinzas e na resistência dos ossos dos animais que consumiram a dieta deficiente em cálcio e fósforo e sem a inclusão da enzima. Tais resultados foram revertidos nos suínos que consumiram esta dieta com fitase e não diferiram dos observados naqueles que receberam aquela com os maiores níveis de cálcio e fósforo disponível. BRADY et al. (2003) testando concentrações crescentes (0, 500, 750 e 1000 FTU/kg de ração) de fitase nas dietas de suínos em terminação, notaram aumentos lineares nas retenções de fósforo e nitrogênio, na espessura de tocinho e redução na quantidade de carne magra na carcaça e atribuíram estes efeitos à melhor digestibilidade da energia observada com a inclusão das concentrações crescentes da enzima.

Resultados positivos na deposição de minerais nos ossos pelo uso da fitase também foram verificados por BRAÑA et al. (2006), que estudando a inclusão de níveis crescentes (0, 250, 500, 750 e 1000 FTU/kg de ração) de duas fitases distintas para suínos nas fases inicial, de crescimento e de terminação, alimentados com dietas compostas principalmente por milho e farelo de soja e deficientes em fósforo, verificaram que nas três fases estudadas, houve aumentos lineares nos teores de cinzas nos ossos pelo emprego das enzimas.

Com relação aos efeitos da inclusão de enzimas às dietas, sobre o impacto ambiental, MOESER & van KEMPEN (2002) avaliaram a excreção de fezes por suínos em crescimento, consumindo dietas contendo milho e farelo de soja e com níveis crescentes de FDN, mediante a inclusão de casca de soja. As dietas com o maior teor deste tipo de fibra (22,2%) foram suplementadas ou não com xilanase. A adição desta enzima proporcionou redução de 10,3% na quantidade excretada de fezes pelos animais, em relação ao observado para aqueles que consumiram dieta com o mesmo teor de fibra e sem enzimas.

ZHANG et al. (2003) avaliaram os efeitos da micronização de ervilhas e a suplementação enzimática sobre a excreção de nitrogênio e fósforo por suínos na fase de crescimento. Foram comparadas três dietas, contendo cevada e ervilha (controle), cevada e ervilha micronizada (CM) e CM suplementada com um complexo enzimático (CME), composto por β -glucanase, fitase, protease, amilase, celulase e pectinase. As quantidades excretadas de fezes, nitrogênio e fósforo não diferiram entre os animais dos tratamentos CM e CME, mas foram 25%, 20% e 16% menores, respectivamente, em relação ao observado nos animais do tratamento controle.

De maneira análoga, HTOO et al. (2007) avaliaram a digestibilidade, a excreção e a retenção de fósforo por suínos na fase de crescimento, consumindo dietas contendo cevada e farelo de soja (CFS), CFS com teor reduzido de fósforo (CFSP_r), CFSP_r suplementada com fitase e mais uma dieta contendo cevada com baixo teor de fitato e farelo de soja. Os autores verificaram que a suplementação de fitase não afetou a retenção de fósforo, mas reduziu em 32% a excreção do mineral em relação aos animais que receberam a dieta CFS.

Inversamente, GRANDHI (2000) não verificou alteração nas excreções de matéria seca e nitrogênio nas fezes e urina de suínos em terminação, quando receberam dietas contendo cevada e farelo de soja suplementadas com carboidrases. Da mesma forma, O'CONNELL et al. (2005) não observaram influência da suplementação de xilanase e β -glucanase, em dietas contendo trigo ou cevada, e diferentes concentrações de proteína bruta, sobre as excreções de nitrogênio nas fezes e na urina de suínos com 80kg de peso.

Como visto anteriormente, algumas pesquisas indicaram que a inclusão de enzimas exógenas em dietas para suínos, pode melhorar o aproveitamento dos nutrientes e da energia e, em certos casos, promover melhorias no desempenho e diminuição na produção de dejetos.

Contudo, são necessários mais estudos sobre a suplementação enzimática para suínos em crescimento e terminação, consumindo dietas contendo ingredientes como o milho, o farelo de soja e o farelo de trigo, tendo em vista que nestas fases, são observados os maiores consumos de ração pelos animais destinados ao abate, assim como a maior produção de dejetos. Adicionalmente, os ingredientes ressaltados são amplamente empregados nas dietas de suínos no Brasil, e conseqüentemente, a utilização de enzimas nestas fases pode constituir-se em importante ferramenta para melhorar a eficiência alimentar dos animais, levando à redução na produção de dejetos e, portanto, no impacto ambiental da suinocultura.

II.5. Biodigestão Anaeróbia

O lançamento dos dejetos da suinocultura em cursos d'água, ou mesmo sua utilização como fertilizantes na agricultura, somente pode ser efetuado após o tratamento ou reciclagem dos mesmos, o que consiste na compatibilização da composição final ou remoção dos poluentes, de forma que tal procedimento não resulte em problemas ambientais (ITABORAHY, 1999). Adicionalmente, nas criações intensivas de suínos os dejetos da atividade normalmente se apresentam na forma

líquida, devido ao grande uso de água para sua remoção e limpeza das instalações. Desta maneira, quando os dejetos de granjas de suínos são acumulados ou armazenados de maneira inadequada ocorre a geração de odores indesejáveis, devido à degradação anaeróbia destes resíduos e produção de gases como a amônia e o metano. Este último também se constitui em grande problema por ser um dos gases causadores do efeito estufa e a amônia contribui para a acidificação do solo sendo tóxica para os organismos clorofilados (MERKEL, 1981; VOERMANS et al. 1994).

Neste contexto, a biodigestão anaeróbia, realizada em biodigestores, é uma forma de tratamento e ou reciclagem de resíduos que se constitui em importante alternativa no manejo dos dejetos de suínos. Caracteriza-se por ser um processo biológico que ocorre na ausência de oxigênio molecular, no qual um consórcio de diferentes populações de microrganismos interage estreitamente para promover a transformação de compostos orgânicos complexos em produtos mais simples, resultando no biofertilizante e no biogás. Além de permitir redução significativa do potencial poluidor, trata-se de um processo no qual não há geração de calor e a volatilização dos gases, considerando-se pH próximo da neutralidade, é mínima, além de se considerar a recuperação da energia na forma de biogás e a reciclagem do efluente (LUCAS Jr., 1998).

O biogás, formado principalmente por metano (CH_4), dióxido de carbono (CO_2), gás amônia (NH_3), sulfeto de hidrogênio (H_2S) e nitrogênio (N_2), obtido a partir dos dejetos, tem sido usado com frequência, principalmente na Europa, em substituição ao gás natural que tem se tornado de difícil obtenção. Considerando-se o uso dos dejetos como fertilizante e como fonte de energia, este constitui-se em um problema ambiental e ainda que recursos como o petróleo e o gás natural se tornem cada vez mais escassos, a alternativa da biodigestão anaeróbia dos dejetos representa uma opção significativa (ENSMINGER et al. 1992; LUCAS Jr. 1994).

O sucesso do processo de biodigestão anaeróbia está ligado à sequência bioquímica de transformações e é influenciado por uma série de fatores como temperatura, tempo de retenção hidráulica, pH, presença de inóculo e de nutrientes, teor de sólidos, composição do substrato e interação entre os microrganismos

envolvidos no processo. Dentre estes fatores, na literatura poucos estudos avaliaram a composição do substrato, que por sua vez, pode estar diretamente relacionada à alimentação dos animais, uma vez que os dejetos da suinocultura são compostos, principalmente, por fezes e urina, representando as porções da dieta consumida pelos animais que não foi digerida e ou absorvida no trato gastrointestinal.

III. MATERIAL E MÉTODOS

III.1. Local, animais e dietas experimentais

O experimento foi conduzido no Setor de Suinocultura do Departamento de Zootecnia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP, Câmpus de Jaboticabal. Foram utilizados 54 suínos, da linha genética Agroceres/Pic, fêmeas, com $19,90 \pm 1,67$ kg de peso inicial e 50 dias de idade. Os animais foram alojados individualmente, em baias de $2,55 \text{ m}^2$ cada, equipadas com bebedouros em nível, do tipo vaso comunicantes e comedouros semi-automáticos.

Foram avaliadas 6 dietas experimentais (Tabelas 1, 2 e 3), suplementadas ou não com 0,02% de um complexo enzimático (Allzyme SSF[®], Alltech, Inc., USA) produto da fermentação de *Aspergillus niger*, contendo α -amilase (30 FAU/kg), β -glucanase (200 BGU/kg), celulase (40 CMCU/kg), pectinase (4000 AJDU/kg), xilanase (100 XU/kg), protease (700 HUT/kg) e fitase (300 FTU/kg), o qual foi adicionado às dietas em substituição de parte do inerte. As dietas experimentais foram:

- N100: dieta formulada para atender 100% das exigências nutricionais em energia metabolizável, lisina, metionina, treonina e triptofano digestíveis, Ca e P disponível, de fêmeas suínas, nas fases de crescimento e de terminação;
- N100E: N100 com adição do complexo enzimático;

- N95: dieta formulada para atender 95% das exigências nutricionais em energia metabolizável, lisina, metionina, treonina e triptofano digestíveis, Ca e P disponível, de fêmeas suínas, nas fases de crescimento e terminação;
- N95E: N95 com adição do complexo enzimático;
- N90: dieta formulada para atender 90% das exigências nutricionais em energia metabolizável, lisina, metionina, treonina e triptofano digestíveis, Ca e P disponível, de fêmeas suínas, nas fases de crescimento e terminação;
- N90E: N90 com adição do complexo enzimático.

O experimento foi dividido em três fases, de acordo com o peso dos animais, quando foram realizadas as mudanças das rações, sendo:

- Fase 1: dos $19,90 \pm 1,67$ aos $31,13 \pm 2,95$ kg de peso (50 aos 66 dias de vida);
- Fase 2: dos $31,13 \pm 2,95$ aos $70,34 \pm 6,36$ kg de peso (67 aos 107 dias de vida);
- Fase 3: dos $70,34 \pm 6,36$ aos $96,49 \pm 8,98$ kg de peso (108 aos 136 dias de vida).

Para formulação das dietas foram consideradas as composições nutricionais de ingredientes preconizadas por ROSTAGNO et al. (2005) e as exigências nutricionais, para cada fase em estudo, recomendadas pela empresa de genética Agrocere/Pic. Durante todo o experimento os animais receberam dieta farelada e água à vontade.

Tabela 1. Composições centesimal, química e energética das dietas experimentais para suínos na Fase 1 (dos 19,90 ± 1,67 aos 31,13 ± 2,95 kg de peso).

Ingredientes	N100 – N100E	N95 – N95E	N90 – N90E
Milho	54,000	55,488	55,524
Farelo de soja	20,689	21,452	21,470
Farelo de trigo	15,500	16,841	16,823
Óleo de soja	5,105	1,938	-
Fosfato bicálcico	1,904	1,712	1,570
Calcário calcítico	0,641	0,648	0,634
Sal comum	0,446	0,444	0,444
Inerte*	0,520	0,520	2,750
Suplemento mineral ¹	0,050	0,050	0,050
Suplemento vitamínico ²	0,100	0,100	0,100
L – Lisina.HCl, 78%	0,585	0,471	0,406
L – Treonina, 98%	0,222	0,167	0,122
DL – Metionina, 99%	0,159	0,108	0,077
L – Triptofano, 98,5%	0,029	0,011	-
Cloreto de Colina, 60%	0,030	0,030	0,030
Antioxidante	0,020	0,020	-
Total	100,000	100,000	100,000
Composição calculada			
Energia metabolizável, kcal/kg	3300	3135	2970
Proteína bruta, %	17,03	17,53	17,42
Fibra em detergente neutro, %	15,38	16,20	16,20
Fibra em detergente ácido, %	5,20	5,47	5,47
Lisina digestível, %	1,15	1,09	1,04
Treonina digestível, %	0,72	0,69	0,65
Metionina + Cistina digestíveis, %	0,64	0,61	0,58
Triptofano digestível, %	0,20	0,19	0,18
Cálcio, %	0,80	0,76	0,72
Fósforo disponível, %	0,40	0,38	0,36
Magnésio, %	0,18	0,18	0,18

¹Níveis de garantia por kg de dieta: Ferro - 50 mg, Cobre - 15 mg, Zinco - 80 mg, Manganês - 35 mg, Iodo - 0,95 mg. ²Níveis de garantia por kg de dieta: Vit. A - 8000 UI, Vit. D3 - 2000 UI, Vit. E - 10 mg, Vit. K3 - 0,5 mg, Vit. B1 - 1,5 mg, Vit. B2 - 5 mg, Vit B6 - 2 mg, Vit. B12 - 20 mcg, Niacina - 25 mg, Pantotenato de Cálcio - 12 mg, Ácido fólico - 0,8 mg, Biotina - 0,05 mg, Selênio - 0,28 mg. * Caulim ou caulim + 0,02% de complexo enzimático.

Tabela 2. Composições centesimal, química e energética das dietas experimentais para suínos na Fase 2 (dos 31,13 ± 2,95 aos 70,34 ± 6,36 kg de peso).

Ingredientes	N100 – N100E	N95 – N95E	N90 – N90E
Milho	52,582	55,122	54,628
Farelo de soja	18,576	18,576	18,323
Farelo de trigo	19,447	20,447	21,439
Óleo de soja	5,133	1,911	-
Fosfato bicálcico	1,492	1,312	1,224
Calcário calcítico	0,773	0,778	0,755
Sal comum	0,408	0,406	0,406
Inerte*	0,520	0,558	2,500
Suplemento mineral ¹	0,050	0,050	0,050
Suplemento vitamínico ²	0,080	0,080	0,080
L – Lisina.HCl, 78%	0,505	0,428	0,367
L – Treonina, 98%	0,202	0,158	0,115
DL – Metionina, 99%	0,160	0,116	0,086
L – Triptofano, 98,5%	0,025	0,011	-
Cloreto de Colina, 60%	0,027	0,027	0,027
Antioxidante	0,020	0,020	-
Total	100,000	100,000	100,000
Composição calculada			
Energia metabolizável, kcal/kg	3280	3116	2952
Proteína bruta, %	16,49	16,71	16,60
Fibra em detergente neutro, %	16,52	17,21	17,52
Fibra em detergente ácido, %	5,44	5,63	5,71
Lisina digestível, %	1,05	1,00	0,95
Treonina digestível, %	0,68	0,65	0,61
Metionina + Cistina digestíveis, %	0,63	0,60	0,57
Triptofano digestível, %	0,19	0,18	0,17
Cálcio, %	0,75	0,71	0,68
Fósforo disponível, %	0,35	0,33	0,32
Magnésio, %	0,19	0,19	0,19

¹Níveis de garantia por kg de dieta: Ferro - 50 mg, Cobre - 15 mg, Zinco - 80 mg, Manganês - 35 mg, Iodo - 0,95 mg. ²Níveis de garantia por kg de dieta: Vit. A - 6400 UI, Vit. D3 - 1600 UI, Vit. E - 8 mg, Vit. K3 - 0,4 mg, Vit. B1 - 1,2 mg, Vit. B2 - 4 mg, Vit B6 - 1,6 mg, Vit. B12 - 16 mcg, Niacina - 20 mg, Pantotenato de Cálcio - 9,6 mg, Ácido fólico - 0,64 mg, Biotina - 0,04 mg, Selênio - 0,22 mg. * Caulim ou caulim + 0,02% de complexo enzimático.

Tabela 3. Composições centesimal, química e energética das dietas experimentais para suínos na Fase 3 (dos 70,34 ± 6,36 aos 96,49 ± 8,98 kg de peso).

Ingredientes	N100 – N100E	N95 – N95E	N90 – N90E
Milho	53,952	55,490	55,120
Farelo de soja	15,050	15,854	15,663
Farelo de trigo	22,000	23,198	23,988
Óleo de soja	5,074	1,930	-
Fosfato bicálcico	1,256	1,068	0,983
Calcário calcítico	0,805	0,837	0,785
Sal comum	0,357	0,355	0,355
Inerte*	0,520	0,520	2,500
Suplemento mineral ¹	0,040	0,040	0,040
Suplemento vitamínico ²	0,060	0,060	0,060
L – Lisina.HCl, 78%	0,472	0,370	0,321
L – Treonina, 98%	0,204	0,137	0,105
DL – Metionina, 99%	0,144	0,094	0,063
L – Triptofano, 98,5%	0,029	0,011	-
Cloreto de Colina, 60%	0,017	0,017	0,017
Antioxidante	0,020	0,020	-
Total	100,000	100,000	100,000
Composição calculada			
Energia metabolizável, kcal/kg	3270	3106	2943
Proteína bruta, %	15,37	15,90	15,77
Fibra em detergente neutro, %	17,28	17,97	18,23
Fibra em detergente ácido, %	5,50	5,74	5,81
Lisina digestível, %	0,95	0,90	0,86
Treonina digestível, %	0,64	0,60	0,57
Metionina + Cistina digestíveis, %	0,59	0,56	0,53
Triptofano digestível, %	0,18	0,17	0,16
Cálcio, %	0,70	0,67	0,63
Fósforo disponível, %	0,32	0,30	0,29
Magnésio, %	0,19	0,19	0,20

¹Níveis de garantia por kg de dieta: Ferro - 40 mg, Cobre - 12 mg, Zinco - 64 mg, Manganês - 28 mg, Iodo - 0,76 mg. ²Níveis de garantia por kg de dieta: Vit. A - 4800 UI, Vit. D3 - 1200 UI, Vit. E - 6 mg, Vit. K3 - 0,3 mg, Vit. B1 - 0,9 mg, Vit. B2 - 3 mg, Vit B6 - 1,2 mg, Vit. B12 - 12 mcg, Niacina - 15 mg, Pantotenato de Cálcio - 7,2 mg, Ácido fólico - 0,48 mg, Biotina - 0,03 mg, Selênio - 0,17 mg. * Caulim ou caulim + 0,02% de complexo enzimático.

III.2. Avaliação das digestibilidades dos nutrientes e da energia das dietas

Foram determinadas as digestibilidades da energia bruta (EB), matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e as disponibilidades do fósforo (P), cálcio (Ca) e magnésio (Mg). Para tanto, empregou-se o método da coleta parcial de fezes, utilizando-se a cinza ácida insolúvel (CAI) como indicador. Estas avaliações foram

efetuadas conjuntamente com o experimento de desempenho, dentro das três fases estudadas, conforme demonstrado a seguir:

- Digestibilidade 1: quando os animais atingiram $25,40 \pm 2,15$ kg de peso (57 dias de idade);
- Digestibilidade 2: quando os animais atingiram $49,74 \pm 4,47$ kg de peso (84 dias de idade);
- Digestibilidade 3: quando os animais atingiram $79,84 \pm 7,54$ kg de peso (105 dias de idade).

Os animais foram pesados quinzenalmente para determinação de seu peso médio e início de cada período de determinação das digestibilidades. No primeiro dia de cada período foram fornecidas dietas com 0,5% de CAI, adicionada em substituição ao inerte. Após três dias de consumo à vontade das dietas contendo CAI, foi realizada a colheita de fezes imediatamente após a evacuação, duas vezes ao dia, durante três dias consecutivos, sendo as amostras de fezes mantidas congeladas.

Ao final de cada período de colheita, as fezes de cada animal foram descongeladas, homogeneizadas e amostradas. As porções de fezes foram submetidas à pré-secagem, em estufa com circulação de ar forçada a 55° C durante 72 horas, e posteriormente moídas em moinho de facas com peneira com crivos de 1 mm. As amostras das dietas foram apenas moídas, seguindo os mesmos procedimentos descritos para as de fezes.

Nas amostras processadas de fezes e dietas foram realizadas análises de MS, secagem por 12 horas em estufa sem circulação de ar forçada a 105° C; matéria mineral (MM), queima por 4 horas em forno mufla a 600° C; nitrogênio (N) - pelo método de Kjeldahl; FDN e FDA, de acordo com a metodologia descrita por SILVA & QUEIRÓZ (2002); EB, em bomba calorimétrica do tipo Parr; P, por colorimetria; Ca e Mg por absorção atômica. Para as análises de minerais, as amostras de fezes e dietas passaram por digestão nitro-perclórica. As determinações de CAI nas dietas e nas fezes foram efetuadas por meio de digestão das amostras em ácido clorídrico 4N, sob aquecimento, durante 45 minutos, filtragem do resíduo em papel de filtro quantitativo e, finalmente, incineração dos filtros e resíduos retidos, em forno mufla a 500° C por

quatro horas, conforme método adaptado de VAN KEULEN & YOUNG (1977). As análises foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da FCAV – Unesp, Câmpus de Jaboticabal.

Foram calculados os seguintes coeficientes de digestibilidade (CD) e nutrientes digestíveis (D): MS (CDMS e MSD), MO (CDMO e MOD), EB (CDEB e ED), PB (CDPB e PD), FDN (CDFDN e FDND), FDA (CDFDA e FDAD), assim como os seguintes coeficientes de disponibilidade (CD) dos minerais e minerais disponíveis (disp): P (CDP e Pdisp), Ca (CDCa e Cadisp) e Mg (CDMg e Mgdisp) das dietas. Estes cálculos foram realizados de acordo com ADEOLA (2001), utilizando-se as seguintes fórmulas:

$$FI = \frac{CAId}{CAIf}$$

$$CDMS = 1 - FI$$

$$CD = 100 - \left\{ 100 \times \left[FI * \left(\frac{\text{Nutriente f}}{\text{Nutriente d}} \right) \right] \right\}$$

$$\text{Nutriente D. ou Disp. ou Energia D.} = \frac{CD * \text{Nutriente ou Energia na dieta}}{100}$$

em que;

FI: Fator de indigestibilidade;

CAId: teor de cinza ácida insolúvel nas dietas expressos em porcentagem da MS;

CAIf: teor de cinza ácida insolúvel nas fezes expressos em porcentagem da MS;

CDMS: coeficiente de digestibilidade (%) da MS;

CD: Coeficiente de digestibilidade (%) da MO, ou EB, ou PB, ou FDN, ou FDA ou de disponibilidade (%) do P, ou do Ca ou do Mg;

Nutriente f: teores de MO ou EB ou PB ou FDN ou FDA ou P ou Ca ou Mg nas fezes, expressos em porcentagem da MS;

Nutriente d: teores de MO ou EB ou PB ou FDN ou FDA ou P ou Ca ou Mg nas dietas, expressos em porcentagem da MS;

Nutriente D. ou Disp. ou Energia D.: Nutriente digestível (%) - MS ou MO ou PB ou FDN ou FDA - ou disponível (%) - P ou Ca ou Mg - ou energia digestível - ED (kcal/kg);

Nutriente ou Energia na dieta: Teores dos nutrientes (MS ou MO ou PB ou FDN ou FDA ou P ou Ca ou Mg) ou da energia nas dietas, expressos em porcentagem da matéria natural.

Foi adotado o delineamento em blocos casualizados, num esquema fatorial 3 x 2, sendo três níveis nutricionais, com ou sem adição do complexo enzimático, com nove repetições por tratamento. Todos os dados foram submetidos à análise de variância, utilizando-se o procedimento GLM (General Linear Models) do programa estatístico SAS (SAS 9.1, SAS Institute, Cary, NC, USA) e a comparação de médias foi realizada pelo teste de Tukey (5%). A normalidade dos erros foi testada pelo método de Cramer-von Misses, de acordo com EVERITT (1998).

III.3. Avaliações do desempenho, das carcaças dos animais e dos teores de Ca, P e Mg nos ossos

Os animais, as dietas e as sobras nos cochos foram pesados ao início e ao final de cada fase, para determinação do ganho diário de peso (GDP) em kg/dia, do consumo diário de ração (CDR) em kg/dia e da conversão alimentar (CA). A ração desperdiçada pelos animais foi diariamente recolhida, quantificada e descontada da quantidade fornecida.

Os resultados de desempenho foram analisados nos seguintes períodos:

- Período 1: dos 19,90 ± 1,67 aos 31,13 ± 2,95 kg de peso;
- Período 1 - 2: dos 19,90 ± 1,67 aos 70,34 ± 6,36 kg de peso;
- Período 1 - 3 (total): dos 19,90 ± 1,67 aos 96,49 ± 8,98 kg de peso.

Ao final do experimento os animais foram enviados ao abate em frigorífico comercial, que ocorreu no dia seguinte à última pesagem, passando por jejum de sólidos por 24 horas. No momento do abate os animais foram atordoados por descarga elétrica, seguida dos procedimentos de sangria, depilação e evisceração.

Após a retirada das vísceras, as carcaças foram serradas longitudinalmente ao meio e pesadas. Relacionando-se o peso das meias carcaças com o peso vivo, foi obtido o rendimento de carcaça (RC). Em seguida, as meias carcaças foram levadas à câmara fria, em temperatura de refrigeração (4° C), permanecendo por 24 h, quando então foram avaliadas.

Na meia carcaça esquerda de cada animal foram realizadas as seguintes medidas: espessura média de tocinho (Etm), resultante das espessuras de tocinho na altura das primeira e última vértebras torácicas e última vértebra lombar, espessura de tocinho (EtP2) e profundidade de lombo (PL) no ponto P2 (altura da última costela, na região de inserção da última vértebra torácica com a primeira lombar, a seis centímetros da linha média de corte da carcaça), com auxílio de um paquímetro.

Com os valores de peso da carcaça quente (PCQ, sem patas e cabeça), EtP2 e PL, foram calculadas a quantidade de carne magra (QCM) e a porcentagem de carne magra (CM), de acordo com as seguintes equações, propostas por GUIDONI (2000):

$$QCM \text{ (kg)} = 7,38 - 0,48 \times EtP2 + 0,059 \times PL + 0,525 \times PCQ$$

$$CM \text{ (\%)} = 65,92 - 0,685 \times EtP2 + 0,094 \times PL - 0,026 \times PCQ$$

Durante o processo de abate foram retirados os terceiro e quarto metacarpos que foram acondicionados, identificados e congelados para posteriores análises laboratoriais. Para as avaliações dos teores de Ca, Mg e P nos ossos, as amostras foram descongeladas e autoclavadas a 120 °C e a uma atmosfera de pressão, por 10 minutos, para facilitar a remoção dos tecidos moles. Depois de limpas, as amostras foram secas em estufa com ventilação forçada de ar a 65 °C por 72 horas. Em seguida, cada osso foi quebrado horizontalmente, com a finalidade de facilitar a extração da

gordura, que foi realizada com éter de petróleo em extrator Soxhlet durante 6 horas. Sequencialmente, os ossos foram triturados em moinho do tipo bola e submetidos à determinação de matéria seca desengordurada, secagem por 12 horas em estufa sem circulação de ar forçada a 105°C.

Aproximadamente 0,5 grama de cada amostra triturada foi levada ao forno mufla a 500° C durante quatro horas. O resíduo foi digerido em 50 mL de ácido clorídrico 6N, durante aproximadamente 1 hora, e em seguida diluído na proporção de 1:50, para posteriores determinações de Ca e Mg, em espectrofotômetro de absorção atômica, e de P por colorimetria. Com a finalidade de relacionar o consumo de cada mineral e a deposição de minerais nos metacarpos, foram calculadas as concentrações de minerais depositados nos ossos em relação à quantidade total de minerais ingeridos durante o experimento. Para tanto utilizou-se a seguinte fórmula:

$$Q = \frac{CMM}{QMC}$$

em que:

Q = Concentração do mineral nos ossos em relação à quantidade do mineral ingerido (mg.kg⁻¹/mg);

CMM = Concentração do mineral nos terceiro e quarto metacarpos (mg/kg);

QMC = Quantidade do mineral consumido pelos animais durante o experimento (mg).

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados, para controlar diferenças no peso inicial dos animais, num esquema fatorial 3 x 2, sendo três níveis nutricionais, com ou sem adição do complexo enzimático, com nove repetições e um animal por unidade experimental. Todos os dados foram submetidos à análise de variância, utilizando-se o procedimento GLM (General Linear Models) no programa estatístico SAS (SAS 9.1, SAS Institute, Cary, NC, USA). A comparação das médias foi feita pelo teste de Tukey (5%). A normalidade dos erros foi testada pelo método de Cramer-von Misses, de acordo com EVERITT (1998).

III.4. Avaliação do potencial de impacto ambiental das fezes dos animais

Para avaliação do potencial de impacto ambiental das fezes foram estimadas as excreções (E) dos animais em MS (EMS), MM (EMM), N (EN); macrominerais, P (EP), Ca (ECa), Mg (EMg), K (EK), Na (ENa), e microminerais, Zn (EZn), Cu (ECu), Fe (EFe) e Mn (EMn), utilizando-se as amostras e os dados obtidos nos ensaios de digestibilidade e de desempenho. As determinações dos teores de K, Na, Zn, Cu, Fe e Mn nas amostras de fezes foram realizadas da mesma forma que as de Ca e Mg, descritas no ensaio de digestibilidade. Pelo ensaio de digestibilidade foi possível determinar o fator de indigestibilidade (FI) das dietas, que corresponde à porção da dieta não aproveitada pelos animais e excretada nas fezes, assim como os teores dos componentes acima citados nas rações e nas fezes, em cada fase experimental.

Considerando-se os consumos das dietas pelos animais e o FI, foram calculadas as excreções de fezes em base seca, de acordo com a seguinte fórmula, adaptada de BERCHIELLI et al. (2005):

$$\text{Excreção de fezes na MS (kg)} = \text{Consumo de ração em base seca} * \text{FI}$$

As excreções dos resíduos, MO, MM, N, macro e microminerais nas fezes foram obtidas utilizando-se a seguinte fórmula:

$$\text{Excreção de resíduos (g)} = \frac{\text{Excreção de fezes na MS} \times \text{Componentes das fezes}}{100}$$

em que:

Componentes das fezes = MM ou MO ou N ou P ou Ca ou Mg ou K ou Na ou Zn ou Cu ou Fe ou Mn, expressos como porcentagem das fezes na MS.

A partir destes dados foram calculadas a produção média de fezes e as excreções médias de MM, MO, N, macro e microminerais nas fezes dos animais, por tratamento nos períodos 1, 1-2 e 1-3. Por fim, foram calculados os coeficientes de

resíduos (CR) gerados pelas excreções de MS, MM, MO, N, macro e microminerais nas fezes dos suínos, por tratamento, nos períodos 1, 1-2 e 1-3, de acordo com a seguinte fórmula, adaptada de SANTOS (2001):

$$\text{Coeficiente de resíduos} = \frac{\text{Quantidade de resíduo eliminado nas fezes (g)}}{\text{Quantidade total de peso vivo produzido (kg)}}$$

em que:

Resíduo = MS ou MM ou MO ou N ou macrominerais ou microminerais.

Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados, em função do peso inicial dos animais, em esquema fatorial 3 x 2, sendo três níveis nutricionais, com ou sem adição do complexo enzimático, com nove repetições e um animal por unidade experimental. Todos os dados foram submetidos à análise de variância, utilizando-se o procedimento GLM (General Linear Models) do programa estatístico SAS (SAS 9.1, SAS Institute, Cary, NC, USA) e a comparação de médias foi feita pelo teste de Tukey (5%). A normalidade dos erros foi testada pelo método de Cramer-von Misses, de acordo com EVERITT (1998).

III.5. Biodigestão anaeróbia das fezes dos animais

No ensaio para avaliação da biodigestão anaeróbia foram utilizadas fezes dos suínos que receberam as dietas N100, N100E, N95 e N95E, avaliando-se a produção de biogás, de metano, os potenciais de produção de biogás e de metano, assim como as reduções nos teores de sólidos totais (ST) e sólidos voláteis (SV). Foram utilizados biodigestores tipo batelada de campo, instalados no Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Unesp, Câmpus de Jaboticabal.

As fezes dos animais, na Fase 3, foram coletadas do piso das baias, tomando-se o cuidado de coletar aquelas que não estivessem contaminadas com urina ou ração, e,

a partir desse material, foram preparados os substratos para abastecimento dos biodigestores, utilizando-se água para diluição, conforme descrito na Tabela 4.

Tabela 4. Quantidades de fezes, água e composição dos substratos, em sólidos totais (ST) e sólidos voláteis (SV), utilizados para abastecimento dos biodigestores.

Tratamento	Fezes (kg)	Água (kg)	ST (%)	SV (%)*	ST (kg)	SV (kg)
N100E	5,22	44,78	1,37	84,57	0,68	0,58
N100	5,22	44,78	1,32	83,28	0,66	0,55
N95E	5,22	44,78	1,08	82,90	0,54	0,45
N95	5,22	44,78	1,27	93,18	0,63	0,53

*Valores expressos como porcentagem dos sólidos totais.

Esse material, mistura de fezes e água, permaneceu nos biodigestores por um período de 147 dias. Os biodigestores utilizados tinham capacidade útil para 60 L de substrato e faziam parte de uma bateria de minibiodigestores, conforme descrito por ORTOLANI et al. (1986). Eram constituídos, basicamente, por dois cilindros retos, um dos quais se encontrava inserido no interior do outro, de tal forma que o espaço existente entre a parede externa do cilindro interior e a parede interna do cilindro exterior comportasse um volume de água, que se convencionou denominar “selo d’água”, atingindo profundidade de 480 mm.

Uma campânula flutuante de fibra de vidro, emborcada no selo d’água, proporcionava as condições anaeróbias para o processo de fermentação e o armazenamento do gás produzido. Os biodigestores eram semi-subterrâneos, sendo a superfície do solo à sua volta revestida por uma calçada de concreto com 5 cm de espessura.

Os teores de ST e SV das amostras de fezes, do afluente e do efluente, foram determinados segundo metodologia descrita por APHA (1995). Na determinação de ST, as amostras foram acondicionadas em cadinhos previamente tarados, pesadas para obtenção do peso do material úmido e, após isso, levados à estufa com ventilação forçada de ar, à temperatura de 105 °C até atingirem peso constante, sendo a seguir resfriadas e novamente pesadas, obtendo-se, então, o peso do material seco.

Para determinação dos SV, o material já seco em estufa, resultante da determinação dos ST, foi levado à mufla e mantido à temperatura de 575 °C por quatro

horas e, em seguida, foi pesado, obtendo-se o peso da matéria mineral e por diferença calculado o teor em SV.

Com as fezes, foram preparados os substratos destinados ao abastecimento dos biodigestores em número de três, para cada tratamento. Depois de calculadas as quantidades de água e fezes para atingir 1,5% de ST, a mistura foi homogeneizada para abastecimento dos biodigestores.

Os volumes de biogás produzidos semanalmente foram determinados medindo-se o deslocamento vertical dos gasômetros (campânulas flutuantes) e multiplicando-se por 0,2827 m², que era a área da seção transversal interna dos gasômetros. Após cada leitura, os gasômetros eram zerados, utilizando-se o registro de descarga do biogás. A correção do volume de biogás para as condições de 1 atm e 20° C foi efetuada com base no trabalho de CAETANO (1985), no qual, pelo fator de compressibilidade, se observou que o biogás apresentava comportamento próximo ao ideal.

No início do ensaio, após a determinação do volume de biogás produzido, foi efetuado o teste de queima do mesmo para que se pudesse determinar, de forma simples, a predominância de metano e, portanto, a possibilidade de sua utilização como gás combustível.

As análises de composição do biogás produzido foram realizadas semanalmente para determinação dos teores de metano (CH₄), por cromatografia de fase gasosa GC-2001, usando colunas Porapack Q, Peneira Molecular e detector de condutividade térmica.

Os potenciais de produção de biogás e de metano foram calculados dividindo-se os volumes de biogás e de metano produzidos pelas quantidades de fezes *in natura*, de substrato, de ST e de SV adicionados aos biodigestores, além das quantidades de SV reduzidos durante o processo de biodigestão anaeróbia. Os valores foram expressos em m³ de biogás ou de metano por kg de fezes, substrato, de sólidos totais ou voláteis.

Foi adotado o delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos, em esquema fatorial 2 x 2, sendo dois níveis nutricionais, com ou sem adição do complexo enzimático, com três repetições por tratamento. Os dados foram submetidos à análise de variância, utilizando-se o procedimento GLM (General Linear Models) do

programa estatístico SAS (SAS 9.1, SAS Institute, Cary, NC, USA) e a comparação de médias foi feita pelo teste de Tukey (5%). A normalidade dos erros foi testada pelo método de Cramer-von Misses, de acordo com EVERITT (1998) e a homogeneidade de variância pelo teste de Levene.

III.6. Avaliação econômica da utilização das dietas

Para verificar a viabilidade econômica das diferentes dietas primeiramente foi calculado o custo médio em ração por quilograma de peso vivo ganho (Y_i) durante o período experimental. Para tanto utilizou-se a equação descrita por BELLAVÉR et al. (1985):

$$Y_i = \frac{Q_i \times P_i}{G_i}$$

em que:

Y_i = custo médio da dieta por quilograma ganho no i -ésimo tratamento;

Q_i = quantidade de dieta utilizada no i -ésimo tratamento;

P_i = preço médio por quilograma da dieta utilizada no i -ésimo tratamento;

G_i = ganho médio de peso do animal no i -ésimo tratamento.

Os preços dos ingredientes utilizados na elaboração dos custos das dietas foram coletados na região de Jaboticabal - SP, por ocasião da realização do experimento.

Para determinar o índice de eficiência econômica (IEE) e o índice de custo médio (IC), foram utilizados os seguintes modelos propostos por BARBOSA et al. (1992):

$$IEE = \frac{Mce}{Ctei} \times 100$$

$$IC = \frac{C_{te_i}}{M_{ce}} \times 100$$

em que:

Mce = menor custo médio observado em dieta por quilograma de peso vivo ganho entre os tratamentos;

Cte_i = custo médio do tratamento i considerado.

IV. RESULTADOS

IV.1. Avaliação da digestibilidade de nutrientes e da energia das dietas

Na Digestibilidade 1 (Tabela 5), os coeficientes de digestibilidade (CD) da MS, MO, PB, FDN, FDA, e os de disponibilidade do P e Ca, assim como os valores digestíveis (D) da MS, MO, FDN, FDA e o P disponível (disp) das dietas formuladas para atender 100% das exigências nutricionais e energéticas dos animais foram superiores ($P < 0,05$) aos daquelas que atenderam 95 e 90% das exigências, as quais não diferiram ($P > 0,05$) entre si. Já o CDMg e o Mgdisp das dietas N100 foram maiores ($P < 0,05$) do que os das N95, que por sua vez foram superiores ($P < 0,05$) aos das dietas N90, enquanto o CDCa das dietas N100 e N95 foram maiores ($P < 0,05$) do que os observados para a N90, independentemente da presença ou não do complexo enzimático nas dietas. Com relação aos efeitos do complexo enzimático, constatou-se que os animais que receberam as dietas com adição do produto apresentaram maiores ($P < 0,05$) CDMO, MOD, PD, FDND, Pdisp, CDCa e Cadisp, do que aqueles que consumiram as dietas sem o complexo. Não se observou interação entre os fatores.

Tabela 5. Médias observadas para os coeficientes de digestibilidade (CD) e valores digestíveis da MS (CDMS, MSD), MO (CDMO, MOD), EB (CDEB, ED), PB (CDPB, PD), FDN (CDFDN, FDND), FDA (CDFDA, FDAD), coeficientes de disponibilidade (CD) e valores disponíveis de P (CDP, Pdisp), Ca (CDCa, Cadisp) e Mg (CDMg, Mgdisp) de dietas com diferentes níveis nutricionais (NN), com (+) ou sem (-) a inclusão do complexo enzimático (CE), consumidas por fêmeas suínas, na Digestibilidade 1 (25,40 ± 2,15 kg de peso).

	CE	NN			Médias CE	Valores de P			CV ¹ (%)
		100	95	90		NN	CE	NNxCE	
CDMS (%)	+	82,38	77,55	75,32	78,42	0,0001	0,27	0,98	4,93
	-	80,88	76,46	74,36	77,24				
	Médias NN	81,63^a	77,01^b	74,84^b					
MSD (%)	+	73,68	69,28	67,17	70,04	0,0001	0,24	0,88	4,93
	-	72,06	68,05	66,67	68,93				
	Médias NN	72,87^a	68,67^b	66,93^b					
CDMO (%)	+	84,13	77,33	77,79	79,75^A	0,0001	0,03	0,76	5,35
	-	80,79	75,92	74,67	77,13^B				
	Médias NN	82,46^a	76,62^b	76,23^b					
MOD (%)	+	70,52	64,99	64,09	66,53^A	0,0001	0,01	0,97	5,33
	-	67,73	62,75	61,56	64,01^B				
	Médias NN	69,12^a	63,87^b	62,82^b					
CDEB (%)	+	81,78	76,98	74,78	77,85	0,0001	0,29	0,86	5,76
	-	80,99	74,74	73,94	76,56				
	Médias NN	81,39^a	75,86^b	74,36^b					
ED (kcal/kg)	+	3358,74	3088,45	2867,22	3104,80	0,0001	0,50	0,57	5,66
	-	3393,66	3000,12	2822,86	3072,21				
	Médias NN	3376,20^a	3044,29^b	2845,04^c					
CDPB (%)	+	79,15	74,74	73,38	75,76	0,01	0,11	0,90	7,86
	-	76,93	71,11	71,46	73,17				
	Médias NN	78,04^a	72,93^b	72,42^b					
PD (%)	+	13,86	14,05	13,60	13,83^A	0,52	0,05	0,97	7,98
	-	13,34	13,37	13,06	13,26^B				
	Médias NN	13,60	13,71	13,31					
CDFDN (%)	+	55,88	40,40	36,70	44,33	0,0006	0,11	0,68	28,84
	-	46,48	36,92	33,52	38,98				
	Médias NN	51,18^a	38,66^b	35,11^b					
FDND (%)	+	9,07	6,40	5,79	7,09^A	0,0006	0,03	0,38	28,73
	-	6,90	5,60	5,26	5,92^B				
	Médias NN	7,99^a	6,00^b	5,53^b					
CDFDA (%)	+	36,30	25,34	21,16	27,60	0,0004	0,99	0,70	43,19
	-	38,64	27,27	16,79	27,57				
	Médias NN	37,47^a	26,30^b	18,97^b					
FDAD (%)	+	2,22	1,52	1,15	1,63	0,0001	0,65	0,64	42,51
	-	2,37	1,39	0,84	1,53				
	Médias NN	2,29^a	1,45^b	1,00^b					
CDP (%)	+	56,38	38,69	39,68	44,91	0,0001	0,39	0,90	22,23
	-	55,75	36,00	36,09	42,61				
	Médias NN	56,06^a	37,34^b	37,88^b					
Pdisp (%)	+	0,51	0,34	0,33	0,39	0,0001	0,20	0,96	22,08
	-	0,49	0,30	0,30	0,36				
	Médias NN	0,50^a	0,32^b	0,32^b					
CDCa (%)	+	59,21	53,68	46,66	53,18^A	0,0001	0,02	0,30	19,80
	-	55,37	50,33	34,13	46,61^B				
	Médias NN	57,29^a	52,01^a	40,39^b					
Cadisp (%)	+	0,41	0,41	0,39	0,40^A	0,71	0,01	0,91	20,20
	-	0,36	0,35	0,33	0,35^B				
	Médias NN	0,39	0,38	0,36					
CDMg (%)	+	60,24	53,82	45,79	53,28	0,0001	0,36	0,77	13,81
	-	58,27	50,43	45,80	51,50				
	Médias NN	59,25^a	52,12^b	45,80^c					
Mgdisp (%)	+	0,114	0,103	0,087	0,102	0,0001	0,45	0,77	14,30
	-	0,112	0,096	0,087	0,099				
	Médias NN	0,113^a	0,100^b	0,088^c					

¹ CV – Coeficientes de variação; Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05).

Para a Digestibilidade 2 (Tabela 6), com relação aos níveis nutricionais, constatou-se que as dietas N100 e N95 não diferiram ($P>0,05$) quanto ao CDMO, CDPB, PD, CDFDN, CDP e Pdisp, porém apresentaram médias superiores ($P<0,05$) aos da dieta N90. Os maiores ($P<0,05$) FDAD, CDMg, e Mgdisp foram encontrados para a dieta N95 e os menores ($P<0,05$) para a N90 e nenhuma delas diferiu ($P>0,05$) de N100. A inclusão do complexo enzimático melhorou ($P<0,05$) os valores encontrados para PD, FDAD e Pdisp em relação aos observados quando não houve a utilização do produto.

Para os demais parâmetros avaliados na Digestibilidade 2, encontrou-se interação entre os fatores em estudo. Dentro de cada nível nutricional, com ou sem o complexo enzimático, encontrou-se que a dieta N95E apresentou maiores ($P<0,05$) CDMS, MSD, MOD, CDFDA, CDCa e Cadisp do que a N95, porém, entre as dietas N100E e N100 não foram observadas diferenças ($P>0,05$). Já entre N90E e N90 não foram observadas diferenças ($P>0,05$) para o CDMS, MOD, CDFDA, CDCa e CAdisp, contudo, a dieta N90 apresentou maior ($P<0,05$) MSD do que a N90E. Para presença ou não do complexo enzimático entre os níveis nutricionais, os maiores ($P<0,05$) CDMS, MSD e MOD, foram encontrados para as dietas N100 e N95, com ou sem o produto, quando comparados à N90, enquanto o menor ($P<0,05$) CDFDA foi verificado para a dieta N100E e o maior ($P<0,05$) para a N95E. Para CDCa e Cadisp na presença do complexo enzimático, os maiores ($P<0,05$) valores foram notados nas dietas N100E e N95E, quando comparados à N90E. Na ausência do produto, os maiores ($P<0,05$) CDCa e Cadisp foram encontrados para a dieta N100, seguidos ($P<0,05$) por N95 e os menores ($P<0,05$) para a N90.

Tabela 6. Médias observadas para os coeficientes de digestibilidade (CD) e valores digestíveis da MS (CDMS, MSD), MO (CDMO, MOD), EB (CDEB, ED), PB (CDPB, PD), FDN (CDFDN, FDND), FDA (CDFDA, FDAD), coeficientes de disponibilidade (CD) e valores disponíveis de P (CDP, Pdisp), Ca (CDCa, Cadisp) e Mg (CDMg, Mgdisp) de dietas com diferentes níveis nutricionais (NN), com (+) ou sem (-) a inclusão do complexo enzimático (CE), consumidas por fêmeas suínas, na Digestibilidade 2 (49,74 ± 4,47 kg de peso).

	CE	NN			Médias CE	Valores de P			CV ¹ (%)
		100	95	90		NN	CE	NNxCE	
CDMS (%)	+	79,87 ^{aA}	81,58 ^{aA}	70,73 ^{BA}	77,39	0,0001	0,80	0,006	2,53
	-	80,23 ^{aA}	78,86 ^{aB}	72,65 ^{BA}	77,25				
	Médias NN	80,05	80,22	71,69					
MSD (%)	+	71,76 ^{aA}	73,00 ^{aA}	62,46 ^{BB}	69,08	0,0001	0,67	0,0011	2,65
	-	71,94 ^{aA}	70,05 ^{aB}	64,57 ^{BA}	68,85				
	Médias NN	71,85	71,53	63,52					
CDMO (%)	+	81,99	83,57	74,40	79,98	0,0001	0,37	0,06	2,52
	-	82,43	81,10	74,86	79,46				
	Médias NN	82,21^a	82,33^a	74,63^b					
MOD (%)	+	69,57 ^{aA}	70,56 ^{aA}	61,58 ^{BA}	67,23	0,0001	0,09	0,02	2,50
	-	69,87 ^{aA}	67,77 ^{aB}	61,56 ^{BA}	66,40				
	Médias NN	69,72	69,16	61,57					
CDEB (%)	+	80,20	81,41	72,96	78,19	0,0001	0,26	0,20	3,30
	-	80,71	78,82	72,55	77,36				
	Médias NN	80,46^a	80,12^a	72,75^b					
ED (kcal/kg)	+	3362,06	3256,40	2812,46	3143,64	0,0001	0,27	0,18	3,22
	-	3398,79	3164,39	2771,91	3111,70				
	Médias NN	3380,43^a	3210,40^b	2792,18^c					
CDPB (%)	+	79,15	80,31	70,87	76,78	0,0001	0,21	0,74	5,58
	-	77,90	77,62	70,35	75,29				
	Médias NN	78,53^a	78,97^a	70,61^b					
PD (%)	+	14,05	14,27	13,22	13,85^A	0,0001	0,0022	0,52	5,62
	-	13,50	13,82	12,21	13,18^B				
	Médias NN	13,77^a	14,05^a	12,72^b					
CDFDN (%)	+	38,28	40,66	26,52	35,15	0,0002	0,99	0,45	22,26
	-	38,83	36,93	29,68	35,15				
	Médias NN	38,56^a	38,80^a	28,10^b					
FDND (%)	+	5,69	5,63	4,77	5,37	0,16	0,87	0,76	20,31
	-	5,73	5,40	5,13	5,42				
	Médias NN	5,71	5,51	4,95					
CDFDA (%)	+	22,91 ^{BA}	37,45 ^{aA}	25,65 ^{abA}	28,67	0,04	0,06	0,03	32,28
	-	25,93 ^{aA}	24,15 ^{aB}	20,75 ^{aA}	23,61				
	Médias NN	24,42	30,79	23,20					
FDAD (%)	+	1,61	2,29	1,57	1,82^A	0,01	0,005	0,16	29,57
	-	1,50	1,52	1,06	1,36^B				
	Médias NN	1,56^{ab}	1,90^a	1,32^b					
CDP (%)	+	47,84	50,30	26,17	41,44^A	0,0001	0,05	0,29	13,63
	-	46,13	43,69	25,06	38,29^B				
	Médias NN	46,98^a	46,99^a	25,62^b					
Pdisp (%)	+	0,41	0,42	0,21	0,35^A	0,0001	0,02	0,33	13,47
	-	0,38	0,36	0,20	0,31^B				
	Médias NN	0,39^a	0,39^a	0,21^b					
CDCa (%)	+	50,80 ^{aA}	50,68 ^{aA}	17,95 ^{BA}	39,81	0,0001	0,12	0,02	18,93
	-	52,06 ^{aA}	36,32 ^{BB}	18,50 ^{CA}	36,63				
	Médias NN	51,43	45,00	18,22					
Cadisp (%)	+	0,37 ^{aA}	0,35 ^{aA}	0,17 ^{BA}	0,30	0,0001	0,08	0,03	15,46
	-	0,38 ^{aA}	0,28 ^{BB}	0,16 ^{CA}	0,27				
	Médias NN	0,38	0,32	0,16					
CDMg (%)	+	39,40	44,35	29,89	37,88	0,01	0,07	0,39	28,04
	-	35,99	34,30	28,84	32,71				
	Médias NN	37,19^{ab}	39,33^a	29,36^b					
Mgdisp (%)	+	0,065	0,073	0,049	0,062	0,01	0,07	0,39	28,17
	-	0,057	0,056	0,047	0,054				
	Médias NN	0,061^{ab}	0,064^a	0,048^b					

¹ CV – Coeficientes de variação; Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05).

Na Digestibilidade 3 (Tabela 7), observou-se que os níveis nutricionais das dietas afetaram ($P < 0,05$) todos os parâmetros avaliados, com exceção da FDND. Assim, para CDMS, MSD, CDMO e CDP, as maiores ($P < 0,05$) médias foram encontradas para as dietas com 100%, seguidas ($P < 0,05$) das com 95% e as menores ($P < 0,05$) para aquelas com 90% das exigências nutricionais atendidas. Os maiores ($P < 0,05$) CDFDA, FDAD, Pdisp, CDCa, CDMg e Mgdisp, foram verificados nas dietas 100 e 95 em relação à 90, enquanto para PD e CDFDN, os maiores ($P < 0,05$) foram observados para a dieta 100 e os menores ($P < 0,05$) para a 90, independentemente da inclusão ou não do complexo enzimático. As dietas com adição deste produto apresentaram maiores ($P < 0,05$) FDND e CDCa em relação às aquelas que não continham o complexo.

Para Cadisp, encontrou-se interação ($P < 0,05$) entre os fatores, sendo observado que dentro dos níveis nutricionais, as dietas N100E e N95E apresentaram as maiores ($P < 0,05$) médias, quando comparadas às dietas N100 e N95, respectivamente. Por outro lado, não foi observada diferença entre as dietas N90 e N90E. Entre os níveis nutricionais, a inclusão do produto não afetou ($P > 0,05$) esta variável, entretanto, na ausência do complexo enzimático, as maiores ($P < 0,05$) médias de Cadisp foram encontradas para as dietas N100 e N90 e as menores ($P < 0,05$) para a dieta N95.

Tabela 7. Médias observadas para os coeficientes de digestibilidade (CD) e valores digestíveis da MS (CDMS, MSD), MO (CDMO, MOD), EB (CDEB, ED), PB (CDPB, PD), FDN (CDFDN, FDND), FDA (CDFDA, FDAD), coeficientes de disponibilidade (CD) e valores disponíveis de P (CDP, Pdisp), Ca (CDCa, Cadisp) e Mg (CDMg, Mgdisp) de dietas com diferentes níveis nutricionais (NN), com (+) ou sem (-) a inclusão do complexo enzimático (CE), consumidas por fêmeas suínas, na Digestibilidade 3 (79,84 ± 7,54 kg de peso).

	CE	NN			Médias CE	Valores de P			CV ¹ (%)
		100	95	90		NN	CE	NNxCE	
CDMS (%)	+	79,30	78,08	72,75	76,71	0,0001	0,25	0,28	2,10
	-	79,85	77,71	74,20	77,25				
	Médias NN	79,57^a	77,90^b	73,47^c					
MSD (%)	+	71,25	69,76	65,43	68,82	0,0001	0,33	0,36	2,10
	-	71,10	69,88	66,71	69,23				
	Médias NN	71,17^a	69,82^b	66,07^c					
CDMO (%)	+	81,45	80,16	76,23	79,28	0,0001	0,28	0,40	1,60
	-	81,71	80,02	77,62	79,78				
	Médias NN	81,58^a	80,09^b	76,92^c					
MOD (%)	+	68,87	67,36	63,30	66,51	0,0001	0,18	0,54	1,97
	-	68,95	67,73	64,43	67,04				
	Médias NN	68,91^a	67,55^b	63,87^c					
CDEB (%)	+	80,20	78,42	73,97	77,53	0,0001	0,89	0,79	2,56
	-	80,57	77,97	74,30	77,61				
	Médias NN	80,38^a	78,19^b	74,14^c					
ED (kcal/kg)	+	3357,94	3133,93	2794,08	3095,32	0,0001	0,68	0,94	2,51
	-	3365,21	3134,96	2812,93	3104,37				
	Médias NN	3361,58^a	3134,45^b	2803,50^c					
CDPB (%)	+	78,08	77,52	73,28	76,30	0,0006	0,49	0,81	4,28
	-	78,63	77,45	74,64	76,91				
	Médias NN	78,35^a	77,05^a	73,96^b					
PD (%)	+	12,82	12,51	12,27	12,53	0,03	0,34	0,50	4,00
	-	12,49	12,58	12,10	12,39				
	Médias NN	12,65^a	12,54^{ab}	12,18^b					
CDFDN (%)	+	41,26	40,79	36,26	39,44	0,04	0,10	0,87	19,58
	-	38,95	37,50	31,19	35,88				
	Médias NN	40,11^a	39,15^{ab}	33,73^b					
FDND (%)	+	6,82	7,30	6,92	7,01^A	0,31	0,01	0,75	19,73
	-	6,08	6,54	5,56	6,06^B				
	Médias NN	6,45	6,92	6,24					
CDFDA (%)	+	29,61	29,24	19,54	26,13	0,0006	0,78	0,82	29,41
	-	30,38	26,81	19,35	25,51				
	Médias NN	29,99^a	28,02^a	19,45^b					
FDAD (%)	+	1,83	1,91	1,25	1,67	0,0022	0,56	0,83	29,75
	-	1,76	1,73	1,26	1,58				
	Médias NN	1,80^a	1,82^a	1,26^b					
CDP (%)	+	43,02	40,58	26,97	36,64	0,0001	0,42	0,26	20,23
	-	42,96	33,47	28,56	35,48				
	Médias NN	42,99^a	37,02^b	27,76^c					
Pdisp (%)	+	0,34	0,34	0,21	0,30	0,0001	0,24	0,26	21,95
	-	0,33	0,27	0,22	0,28				
	Médias NN	0,34^a	0,31^a	0,22^b					
CDCa (%)	+	48,76	48,24	32,15	43,05^A	0,0001	0,0016	0,09	14,57
	-	44,15	37,92	30,62	37,56^B				
	Médias NN	46,45^a	43,08^a	31,38^b					
Cadisp (%)	+	0,35	0,35 ^{aA}	0,34 ^{aA}	0,35	0,07	0,0001	0,03	14,74
	-	0,30 ^{aB}	0,23 ^{bB}	0,30 ^{aA}	0,28				
	Médias NN	0,33	0,29	0,32					
CDMg (%)	+	46,56	50,36	29,75	42,22	0,0001	0,93	0,53	13,80
	-	48,98	48,51	28,75	42,08				
	Médias NN	47,77^a	49,44^a	29,25^b					
Mgdisp (%)	+	0,081	0,088	0,052	0,074	0,0001	0,96	0,54	14,84
	-	0,086	0,085	0,050	0,074				
	Médias NN	0,084^a	0,086^a	0,051^b					

¹ CV – Coeficientes de variação; Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05).

IV.2. Avaliações do desempenho, das carcaças dos animais e dos teores de Ca, P e Mg nos ossos

Com relação ao desempenho dos animais (Tabela 8) não foram observados efeitos ($P>0,05$) dos fatores, níveis nutricionais e complexo enzimático, sobre o ganho diário de peso (GDP), em todos os Períodos, e sobre o consumo diário de ração (CDR) no Período 1-2. De maneira diferente, constatou-se que os níveis nutricionais afetaram ($P<0,05$) as demais variáveis estudadas. Os consumos diários de ração no Período 1 foram maiores ($P<0,05$) nos animais que receberam as dietas com 90 e 95%, quando comparados àqueles alimentados com as dietas com 100%, enquanto no Período 1-3, não houve diferença ($P>0,05$) para esta mesma característica entre os animais que consumiram as dietas 100 e 95%, porém ambos consumiram menos ($P<0,05$) do que aqueles submetidos às dietas com 90% das exigências nutricionais atendidas. Esta variável não foi afetada ($P>0,05$) pela inclusão ou não do complexo enzimático. Para a conversão alimentar, observou-se, em todos os Períodos, piores ($P<0,05$) conversões nos animais que receberam as dietas N90 e N90E, em relação àqueles alimentados com as dietas N100, N100E, N95 e N95E, que apresentaram médias similares ($P>0,05$) para esta variável.

Com relação às características das carcaças (Tabela 9), não foram observados efeitos ($P>0,05$) dos fatores em estudo sobre a espessura de toicinho no ponto P2 (EtP2), a porcentagem de carne magra na carcaça (CM) e a quantidade de carne magra na carcaça (QCM). Porém, verificou-se que os animais que consumiram as dietas contendo o complexo enzimático, apresentaram maior ($P<0,05$) espessura de toicinho média (Etm) do que aqueles que receberam as dietas sem o produto.

Para profundidade de lombo (PL) e rendimento de carcaça (RC), constatou-se interação ($P<0,05$) entre os fatores estudados. Assim, dentro dos níveis nutricionais notou-se que os animais que receberam a dieta N95E apresentaram maiores ($P<0,05$) PL e RC, quando comparados àqueles consumindo a dieta N95, porém entre os animais que consumiram as dietas N100 e N100E e entre aqueles que submetidos às

dietas N90 e N90E, não foram observadas diferenças ($P>0,05$). Para a presença do complexo enzimático, aqueles que receberam a dieta N95E apresentaram maiores ($P<0,05$) PL, quando comparados aos da dieta N90E, não sendo encontrado efeito ($P>0,05$) quando o produto não foi adicionado às dietas. Para RC, observou-se efeito contrário, ou seja, quando foi incluído o complexo enzimático nas dietas, esta variável não foi alterada ($P>0,05$). Porém, na ausência do produto nas dietas, o maior ($P<0,05$) RC foi notado nas fêmeas suínas que receberam a dieta N100 e o menor ($P<0,05$) naquelas que consumiram a dieta N95.

Tabela 8. Médias observadas para ganho diário de peso (GDP), consumo diário de ração (CDR) e conversão alimentar (CA) de fêmeas suínas alimentadas com dietas contendo diferentes níveis nutricionais (NN), com (+) ou sem (-) a inclusão do complexo enzimático (CE), nos Períodos 1, 1-2 e 1-3.

	Períodos ¹	CE	NN			Médias CE	Valores de P			CV ² (%)	
			100	95	90		NN	CE	NNxCE		
GDP (kg)	1	+	0,73	0,85	0,77	0,78	0,11	0,26	0,37	14,23	
		-	0,73	0,76	0,76	0,75					
		Médias NN	0,73	0,80	0,76						
	1-2	+	0,91	0,93	0,91	0,92	0,79	0,98	0,87	9,45	
		-	0,92	0,92	0,91	0,92					
		Médias NN	0,91	0,93	0,91						
	1-3	+	0,93	0,94	0,88	0,92	0,08	0,80	0,96	8,71	
		-	0,94	0,94	0,88	0,92					
		Médias NN	0,93	0,94	0,88						
	CDR (kg)	1	+	1,10	1,31	1,29	1,23	0,0025	0,82	0,47	11,89
			-	1,16	1,25	1,31	1,24				
			Médias NN	1,13^b	1,28^a	1,30^a					
1-2		+	1,65	1,74	1,82	1,73	0,07	0,74	0,89	10,78	
		-	1,70	1,74	1,82	1,75					
		Médias NN	1,67	1,74	1,82						
1-3		+	1,98	2,05	2,31	2,11	0,0009	0,50	0,08	8,20	
		-	2,00	2,11	2,13	2,08					
		Médias NN	1,99^b	2,08^b	2,22^a						
CA		1	+	1,54	1,54	1,72	1,60	0,0003	0,07	0,68	7,72
			-	1,58	1,65	1,77	1,66				
			Médias NN	1,56^b	1,60^b	1,74^a					
	1-2	+	1,82	1,86	2,15	1,94	0,0001	0,92	0,40	8,98	
		-	1,85	1,90	2,06	1,94					
		Médias NN	1,84^b	1,88^b	2,11^a						
	1-3	+	2,14	2,18	2,53	2,28	0,0001	0,67	0,20	7,16	
		-	2,14	2,25	2,41	2,27					
		Médias NN	2,14^b	2,22^b	2,47^a						

¹ Período 1: dos 19,90 ± 1,67 aos 31,13 ± 2,95 kg de peso; Período 1 - 2: dos 19,90 ± 1,67 aos 70,34 ± 6,36 kg de peso; Período 1 - 3 (total): dos 19,90 ± 1,67 aos 96,49 ± 8,98 kg de peso. ² CV – Coeficientes de variação; Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P>0,05$).

Tabela 9. Médias observadas para espessura de tocinho média (Etm), espessura de tocinho no ponto P2 (EtP2), profundidade de lombo (PL), rendimento de carcaça (RC), porcentagem de carne magra na carcaça (CM) e quantidade de carne magra na carcaça (QCM) de fêmeas suínas alimentadas com dietas contendo diferentes níveis nutricionais (NN), com (+) ou sem (-) a inclusão do complexo enzimático (CE).

	CE	NN			Médias CE	Valores de P			CV ¹ (%)
		100	95	90		NN	CE	NNxCE	
Etm (cm)	+	2,16	2,13	2,20	2,16 ^A	0,50	0,0017	0,18	12,10
	-	2,01	1,98	1,77	1,92 ^B				
	Médias NN	2,09	2,05	1,99					
EtP2 (cm)	+	0,83	0,71	0,73	0,76	0,23	0,75	0,26	30,54
	-	0,81	0,88	0,65	0,78				
	Médias NN	0,82	0,79	0,69					
PL (cm)	+	7,08 ^{abA}	7,15 ^{abA}	6,54 ^{ba}	6,93	0,09	0,54	0,04	6,05
	-	6,96 ^{aA}	6,72 ^{ab}	6,88 ^{aA}	6,85				
	Médias NN	7,02	6,94	6,71					
RC (%)	+	75,04 ^{abA}	76,10 ^{abA}	74,81 ^{abA}	75,31	0,35	0,94	0,0095	2,19
	-	76,51 ^{aA}	73,95 ^{bb}	75,39 ^{abA}	75,28				
	Médias NN	75,78	75,03	75,10					
CM (%)	+	64,09	64,13	64,24	64,15	0,13	0,42	0,85	0,40
	-	64,04	64,01	64,22	64,09				
	Médias NN	64,07	64,07	64,23					
QCM (kg)	+	46,54	47,39	43,70	45,87	0,07	0,43	0,30	6,33
	-	47,29	46,39	45,95	46,54				
	Médias NN	46,92	46,89	44,82					

¹ CV – Coeficientes de variação; Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05).

Na Tabela 10, encontram-se os valores médios observados para as deposições de MM, P, Ca e Mg nos ossos, os quais não diferiram (P>0,05) em função dos fatores estudados. No que diz respeito às concentrações dos minerais em questão em relação à quantidade ingerida, notou-se que os animais que receberam as dietas com 100 e 95% das exigências nutricionais atendidas apresentaram maiores (P<0,05) teores de Ca e Mg nos ossos em relação ao consumo destes minerais do que aqueles do nível nutricional 90%.

Tabela 10. Médias observadas para as concentrações de matéria mineral (MM), P, Ca e Mg nos ossos e concentrações destes minerais em relação às quantidades ingeridas (Q) por fêmeas suínas alimentadas com dietas contendo diferentes níveis nutricionais (NN), com (+) ou sem (-) a inclusão do complexo enzimático (CE).

	CE	NN			Médias CE	Valores de P			CV [†] (%)
		100	95	90		NN	CE	NNxCE	
MM (%)	+	58,35	59,12	59,51	59,00	0,46	0,77	0,30	4,30
	-	58,71	59,92	57,73	58,79				
	Médias NN	58,53	59,52	58,62					
P (%)	+	15,78	16,17	16,56	16,17	0,11	0,71	0,13	4,75
	-	15,96	16,86	15,98	16,27				
	Médias NN	15,87	16,51	16,27					
Ca (%)	+	21,64	22,89	22,27	22,27	0,21	0,91	0,52	6,18
	-	22,24	22,59	21,83	22,22				
	Médias NN	21,94	22,74	22,05					
Mg (%)	+	0,070	0,078	0,076	0,075	0,28	0,77	0,53	12,47
	-	0,072	0,073	0,076	0,074				
	Médias NN	0,071	0,076	0,076					
Q – P (mg.kg ⁻¹ /mg)	+	0,115	0,116	0,107	0,113	0,43	0,51	0,77	12,21
	-	0,115	0,119	0,114	0,116				
	Médias NN	0,115	0,118	0,111					
Q – Ca (mg.kg ⁻¹ /mg)	+	0,187	0,185	0,124	0,165	0,0001	0,17	0,66	11,94
	-	0,201	0,191	0,127	0,173				
	Médias NN	0,194^a	0,188^a	0,126^b					
Q – Mg (mg.kg ⁻¹ /mg)	+	0,0023	0,0020	0,0010	0,0018	0,0001	0,09	0,85	20,84
	-	0,0025	0,0023	0,0011	0,0020				
	Médias NN	0,0024^a	0,0021^a	0,0010^b					

[†] CV – Coeficientes de variação; Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05).

IV.3. Avaliação do potencial de impacto ambiental das fezes dos animais

Com relação às excreções de componentes das dietas observadas no Período 1 e apresentadas na Tabela 11, verificou-se que os animais alimentados com as dietas N100 e N100E apresentaram menores (P<0,05) excreções (E) de MS, MO, N, P, Cu, Na, Mn e Fe em relação àqueles que receberam as dietas 95 e 90, com ou sem a adição do complexo enzimático. Para as excreções de MM e de Mg, observou-se que os animais que consumiram as dietas com 100% dos níveis nutricionais, apresentaram os menores (P<0,05) valores, seguidos (P<0,05) daqueles que receberam as dietas com 95% e as maiores (P<0,05) excreções dos componentes em questão foram encontradas nos animais das dietas com 90% das exigências nutricionais atendidas. No que diz respeito à excreção de K, verificou-se que foram similares (P>0,05) entre os animais que receberam as dietas com 100 e 90% das exigências nutricionais atendidas e inferiores às apresentadas pelos animais que consumiram as dietas com 95% dos

níveis nutricionais recomendados. Com relação ao fator complexo enzimático, encontrou-se que as fêmeas suínas que receberam dietas contendo o produto, apresentaram as menores ($P < 0,05$) excreções de matéria orgânica (MO).

Para a excreção de cálcio, notou-se interação ($P < 0,05$) entre os fatores, observando-se que os animais alimentados com a dieta N90 excretaram maiores ($P < 0,05$) quantidades deste mineral, quando comparados aos que receberam a dieta N90E. Contudo, entre os animais que receberam as dietas N95 e N95E, e N100 e N100E, não foram observadas diferenças ($P > 0,05$). Para as dietas dos três níveis nutricionais com complexo enzimático, notou-se que as maiores ($P < 0,05$) excreções de cálcio foram encontradas nas fêmeas suínas que consumiram a dieta N90E e as menores ($P < 0,05$) naquelas que receberam N100E, enquanto nas dietas sem complexo enzimático, as menores ($P < 0,05$) médias foram observadas nos animais das dietas N100 e N95 e as maiores ($P < 0,05$) naqueles que consumiram a dieta N90.

Para os coeficientes de resíduos encontrados no Período 1 (Tabela 12), verificou-se que os animais que receberam as dietas que atenderam 100% das exigências nutricionais, apresentaram os menores ($P < 0,05$) coeficientes de resíduos da MS e da MM, seguidos ($P < 0,05$) pelos que consumiram a dieta 95%, sendo as maiores ($P < 0,05$) médias observadas naqueles que tiveram 90% das exigências nutricionais atendidas. Os níveis nutricionais também afetaram ($P < 0,05$) os coeficientes de resíduos da MO, N, P, Cu, Mn e Fe, com as maiores ($P < 0,05$) médias apresentadas pelos animais das dietas que atenderam 95 e 90% das exigências, quando comparados aos que foram alimentados com as dietas N100 e N100E. Apenas para o coeficiente de resíduos da MO encontrou-se efeito do complexo enzimático, tendo as maiores ($P < 0,05$) médias sido observadas nos animais que não receberam o produto nas dietas.

Para os coeficientes de resíduos do Ca, Mg e Na foram encontradas interações ($P < 0,05$) entre os fatores, verificando-se que dentro dos níveis nutricionais, a presença do complexo enzimático, apenas nas dietas com 90% dos exigências nutricionais atendidos, levou os animais a apresentarem os menores ($P < 0,05$) valores de coeficientes de resíduos do Ca e os maiores ($P < 0,05$) de Mg e Na. Entre os níveis nutricionais, com ou sem o complexo enzimático, os animais que consumiram as dietas

do nível nutricional 90 apresentaram os maiores ($P<0,05$) coeficientes de resíduos do Ca e do Mg, comparados a todos os demais. Já para o coeficiente de resíduos do Na os animais que consumiram a dieta N90E apresentaram as maiores ($P<0,05$) médias, em relação aos que receberam a dieta N100E. De forma distinta, os coeficientes de resíduos do Na observados para os animais submetidos às dietas sem enzimas foram similares ($P>0,05$).

Tabela 11. Médias observadas para excreções (E) de MS (EMS), MM (EMM), MO (EMO), N (EN), P (EP), K (EK), Ca (ECa), Mg (EMg), Zn (EZn), Cu (ECu), Mn (EMn), Na (ENa) e Fe (EFe) em fêmeas suínas alimentadas com dietas contendo diferentes níveis nutricionais (NN), com (+) ou sem (-) a inclusão do complexo enzimático (CE), no Período 1 (dos 19,90 ± 1,67 aos 31,13 ± 2,95 kg de peso).

	CE	NN			Médias CE	Valores de P			CV ¹ (%)
		100	95	90		NN	CE	NNxCE	
EMS (g)	+	2629,26	3990,06	4054,36	3557,89	0,0001	0,36	0,93	23,06
	-	2965,08	4160,12	4188,62	3771,27				
	Médias NN	2797,17^b	4075,09^a	4121,49^a					
EMM (g)	+	409,47	573,43	675,83	552,91	0,0001	0,06	0,47	17,10
	-	451,67	590,73	775,11	605,83				
	Médias NN	430,57^c	582,08^b	725,46^a					
EMO (g)	+	2219,79	3794,29	3378,53	3130,87^B	0,0001	0,05	0,23	20,67
	-	2796,68	3710,22	4050,26	3519,05^A				
	Médias NN	2508,23^b	3752,26^a	3714,39^a					
EN (g)	+	97,62	151,13	145,98	131,57	0,0003	0,16	0,96	29,28
	-	111,80	164,18	166,23	147,40				
	Médias NN	104,71^b	157,65^a	156,11^a					
EP (g)	+	65,34	105,83	92,92	88,03	0,0001	0,58	0,53	23,53
	-	67,27	101,80	104,68	91,25				
	Médias NN	66,30^b	103,82^a	98,80^a					
EK (g)	+	16,33	24,69	17,76	19,59	0,0001	0,95	0,16	16,23
	-	18,54	22,80	17,27	19,54				
	Médias NN	17,43^b	23,74^a	17,52^b					
ECa (g)	+	49,52 ^{BA}	69,81 ^{AB}	82,25 ^{AB}	67,19	0,0001	0,02	0,0012	24,01
	-	51,25 ^{BA}	64,53 ^{BA}	121,31 ^{BA}	79,03				
	Médias NN	50,39	67,17	101,78					
EMg (g)	+	12,64	19,93	31,18	21,25	0,0001	0,25	0,32	18,37
	-	13,46	19,41	34,77	22,55				
	Médias NN	13,05^c	19,68^b	32,98^a					
EZn (g)	+	2,32	2,70	2,22	2,41	0,52	0,09	0,36	25,07
	-	2,93	2,65	2,63	2,74				
	Médias NN	2,62	2,68	2,43					
ECu (g)	+	0,26	0,43	0,40	0,37	0,0001	0,65	0,82	28,11
	-	0,27	0,42	0,44	0,38				
	Médias NN	0,27^b	0,43^a	0,42^a					
ENa (g)	+	2,25	3,92	4,22	3,46	0,0006	0,56	0,48	37,23
	-	2,64	4,60	3,82	3,67				
	Médias NN	2,44^b	4,26^a	4,02^a					
EMn (g)	+	0,81	1,36	1,28	1,15	0,0001	0,46	0,99	28,31
	-	0,87	1,44	1,35	1,22				
	Médias NN	0,84^b	1,40^a	1,32^a					
EFe (g)	+	3,85	6,07	5,53	5,15	0,0007	0,84	0,92	28,81
	-	4,16	6,01	5,52	5,23				
	Médias NN	4,00^b	6,04^a	5,52^a					

¹ CV – Coeficientes de variação; Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P>0,05$).

No Período 1-2, as excreções de MS, MM, MO, N, P, Ca, Mg, Zn, Cu, Mn e Fe (Tabela 13) e os coeficientes de resíduos da MS, MM, MO, N, P, Ca, Mg e Cu (Tabela 14) dos animais que receberam as dietas 100 e 95% foram similares ($P>0,05$) e menores ($P<0,05$) do que os valores apresentados por aqueles alimentados com as que continham 90% das exigências nutricionais. Para a excreção de Na, as maiores ($P<0,05$) médias foram observadas nos animais que receberam as dietas com 95 e 90% das exigências nutricionais, comparadas àquelas dos que consumiram a dieta 100%, enquanto para os coeficientes de resíduos do Na, as maiores ($P<0,05$) médias foram encontradas nos animais que consumiram as dietas N90 e N90E e as menores ($P<0,05$) naqueles das dietas N100 e N100E. Com relação à presença ou não do complexo enzimático, as menores ($P<0,05$) excreções de N, Ca, Zn e Na foram encontradas nas fêmeas suínas que consumiram as dietas contendo o produto. As excreções e os coeficientes de resíduos do K não foram alterados ($P>0,05$) pelos fatores estudados.

Para os coeficientes de resíduos do Zn, Mn e Fe, houve interação ($P<0,05$) entre os fatores estudados (Tabela 14), ainda no Período 1-2. Verificou-se que o coeficiente de resíduos do Zn dos suínos alimentados com a dieta N100E foi menor ($P<0,05$) do que o encontrado nos animais da dieta N100. Já entre os níveis nutricionais, com a presença do complexo enzimático, observou-se que o maior ($P<0,05$) coeficiente de resíduos do Zn foi encontrado nos animais que receberam a dieta N90E, quando comparados aos que consumiram as dietas N100E e N95E. Para os coeficientes de resíduos do Mn e do Fe, dentro dos níveis nutricionais, as maiores ($P<0,05$) médias foram notadas nos animais alimentados com a dieta N95 em relação àqueles que consumiram a dieta N95E. Nas dietas contendo o complexo enzimático, os maiores ($P<0,05$) coeficientes de resíduos para estes minerais, foram encontrados nos animais consumindo as dietas N90E em relação aos demais, enquanto nas dietas em que o complexo enzimático não foi incluído, o maior ($P<0,05$) coeficiente de resíduos do Mn foi observado nos animais que consumiram a dieta N90, em relação apenas àqueles da dieta N100.

Tabela 12. Médias observadas para coeficientes de resíduos (CR) da MS (CRMS), MM (CRMM), MO (CRMO), N (CRN), P (CRP), K (CRK), Ca (CRCa), Mg (CRMg), Zn (CRZn), Cu (CRCu), Mn (CRMn), Na (CRNa) e Fe (CRFe) em fêmeas suínas alimentadas com dietas contendo diferentes níveis nutricionais (NN), com (+) ou sem (-) a inclusão do complexo enzimático (CE), no Período 1 (dos 19,90 ± 1,67 aos 31,13 ± 2,95 kg de peso).

	CE	NN			Médias CE	Valores de P			CV [†] (%)
		100	95	90		NN	CE	NNxCE	
CRMS (g/kg)	+	241,29	314,35	405,24	320,29	0,0001	0,18	0,53	22,68
	-	280,75	365,27	401,16	349,06				
	Médias NN	261,02^c	339,81^b	403,20^a					
CRMM (g/kg)	+	37,45	47,21	68,25	50,97	0,0001	0,08	0,99	18,08
	-	42,59	52,17	72,50	55,75				
	Médias NN	40,02^c	49,69^b	70,38^a					
CRMO (g/kg)	+	203,84	299,66	336,98	280,16^B	0,0001	0,03	0,78	24,54
	-	266,09	349,02	364,33	326,48^A				
	Médias NN	234,97^b	324,34^a	350,66^a					
CRN (g/kg)	+	8,93	11,84	14,49	11,75	0,0002	0,13	0,53	25,89
	-	10,50	14,37	14,54	13,14				
	Médias NN	9,71^b	13,11^a	14,51^a					
CRP (g/kg)	+	5,96	8,28	9,33	7,86	0,0001	0,53	0,77	20,46
	-	6,36	8,89	9,17	8,14				
	Médias NN	6,16^b	8,59^a	9,25^a					
CRK (g/kg)	+	1,50	1,84	1,85	1,73	0,12	0,89	0,06	26,20
	-	1,79	2,02	1,43	1,75				
	Médias NN	1,65	1,93	1,64					
CRCa (g/kg)	+	5,01 ^{bA}	5,54 ^{bA}	8,28 ^{aB}	6,28	0,0001	0,04	0,01	24,43
	-	4,84 ^{bA}	5,67 ^{bA}	11,24 ^{aA}	7,25				
	Médias NN	4,93	5,60	9,76					
CRMg (g/kg)	+	1,18 ^{bA}	1,56 ^{bA}	3,43 ^{aA}	2,06	0,0001	0,44	0,01	15,95
	-	1,27 ^{bA}	1,72 ^{bA}	2,98 ^{aB}	1,99				
	Médias NN	1,22	1,64	3,20					
CRZn (g/kg)	+	0,22	0,24	0,22	0,23	0,74	0,34	0,62	28,64
	-	0,27	0,24	0,23	0,25				
	Médias NN	0,24	0,24	0,23					
CRCu (g/kg)	+	0,024	0,035	0,040	0,033	0,0001	0,68	0,81	24,61
	-	0,026	0,037	0,039	0,034				
	Médias NN	0,025^b	0,036^a	0,039^a					
CRNa (g/kg)	+	0,22 ^{bA}	0,31 ^{aB}	0,42 ^{aA}	0,32	0,0042	0,76	0,03	35,74
	-	0,24 ^{aA}	0,40 ^{aA}	0,29 ^{aB}	0,31				
	Médias NN	0,23	0,35	0,36					
CRMn (g/kg)	+	0,075	0,110	0,127	0,104	0,0001	0,46	0,43	24,65
	-	0,083	0,126	0,119	0,109				
	Médias NN	0,079^b	0,118^a	0,123^a					
CRFe (g/kg)	+	0,36	0,49	0,54	0,46	0,0037	0,47	0,30	30,37
	-	0,40	0,59	0,49	0,49				
	Médias NN	0,36^b	0,54^a	0,52^a					

[†] CV – Coeficientes de variação; Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05).

Tabela 13. Médias observadas para excreções (E) de MS (EMS), MM (EMM), MO (EMO), N (EN), P (EP), K (EK), Ca (ECa), Mg (EMg), Zn (EZn), Cu (ECu), Mn (EMn), Na (ENa) e Fe (EFe) em fêmeas suínas alimentadas com dietas contendo diferentes níveis nutricionais (NN), com (+) ou sem (-) a inclusão do complexo enzimático (CE), no Período 1-2 (dos 19,90 ± 1,67 aos 70,34 ± 6,36 kg de peso).

	CE	NN			Médias CE	Valores de P			CV ¹ (%)
		100	95	90		NN	CE	NNxCE	
EMS (g)	+	16244,08	16520,19	25632,70	19465,66	0,0001	0,10	0,54	14,15
	-	16647,45	19014,75	26722,09	20794,76				
	Médias NN	16445,76^b	17767,47^b	26177,40^a					
EMM (g)	+	2526,73	2580,96	4921,68	3343,12	0,0001	0,17	0,55	13,37
	-	2655,72	2949,66	4961,48	3522,29				
	Médias NN	2591,23^b	2765,31^b	4941,58^a					
EMO (g)	+	13717,35	14345,47	20953,88	16338,90	0,0001	0,08	0,63	14,58
	-	14261,58	16486,63	22109,35	17619,19				
	Médias NN	13989,46^b	15416,05^b	21531,62^a					
EN (g)	+	544,66	575,23	832,01	650,63^B	0,0001	0,03	0,34	18,00
	-	581,75	729,48	885,70	732,31^A				
	Médias NN	563,21^b	652,36^b	858,86^a					
EP (g)	+	385,27	419,18	568,38	457,61	0,0001	0,14	0,87	17,02
	-	410,85	469,51	593,97	491,45				
	Médias NN	398,06^b	444,34^b	581,18^a					
EK (g)	+	105,92	103,93	111,88	107,24	0,60	0,17	0,78	16,26
	-	110,24	116,00	116,70	114,31				
	Médias NN	108,08	109,96	114,29					
ECa (g)	+	314,03	330,26	722,89	455,73^B	0,0001	0,04	0,63	17,66
	-	333,14	397,53	793,64	508,11^A				
	Médias NN	323,58^b	363,90^b	758,27^a					
EMg (g)	+	83,56	98,95	254,85	145,78	0,0001	0,27	0,76	19,020
	-	94,49	114,40	255,90	154,93				
	Médias NN	89,02^b	106,65^b	255,38^a					
EZn (g)	+	10,44	10,84	13,92	11,74^B	0,0018	0,05	0,31	17,67
	-	12,94	11,87	14,07	12,96^A				
	Médias NN	11,69^b	11,36^b	14,00^a					
ECu (g)	+	1,77	1,94	2,94	2,22	0,0001	0,46	0,59	21,44
	-	1,82	2,24	2,90	2,32				
	Médias NN	1,79^b	2,09^b	2,92^a					
ENa (g)	+	12,28	16,53	19,93	16,25^B	0,0054	0,0324	0,84	31,97
	-	15,90	21,67	22,66	20,08^A				
	Médias NN	14,09^b	19,10^a	21,30^a					
EMn (g)	+	6,19	6,61	10,92	7,90	0,0001	0,06	0,24	17,36
	-	7,51	7,92	10,72	8,72				
	Médias NN	6,85^b	7,26^b	10,82^a					
EFe (g)	+	19,30	20,92	34,39	24,87	0,0001	0,07	0,27	22,09
	-	23,36	26,82	33,86	28,01				
	Médias NN	21,33^b	23,87^b	34,12^a					

¹ CV – Coeficientes de variação; Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05).

Tabela 14. Médias observadas para coeficientes de resíduos (CR) da MS (CRMS), MM (CRMM), MO (CRMO), N (CRN), P (CRP), K (CRK), Ca (CRCa), Mg (CRMg), Zn (CRZn), Cu (CRCu), Mn (CRMn), Na (CRNa) e Fe (CRFe) em fêmeas suínas alimentadas com dietas contendo diferentes níveis nutricionais (NN), com (+) ou sem (-) a inclusão do complexo enzimático (CE), no Período 1-2 (dos 19,90 ± 1,67 aos 70,34 ± 6,36 kg de peso).

	CE	NN			Médias CE	Valores de P			CV ¹ (%)
		100	95	90		NN	CE	NNxCE	
CRMS (g/kg)	+	320,19	312,83	543,88	392,30	0,0001	0,67	0,10	16,30
	-	319,52	371,45	508,68	399,88				
	Médias NN	319,86^b	342,14^b	526,28^a					
CRMM (g/kg)	+	49,83	48,87	101,70	66,80	0,0001	0,44	0,18	14,29
	-	51,00	57,53	98,15	68,89				
	Médias NN	50,41^b	53,20^b	99,92^a					
CRMO (g/kg)	+	270,37	271,64	442,18	328,06	0,0001	0,53	0,17	17,46
	-	273,77	322,12	418,60	338,16				
	Médias NN	272,07^b	296,88^b	430,39^a					
CRN (g/kg)	+	10,71	10,87	18,51	13,36	0,0001	0,73	0,13	22,02
	-	11,14	13,14	16,67	13,65				
	Médias NN	10,93^b	12,01^b	17,59^a					
CRP (g/kg)	+	7,76	7,92	12,06	9,25	0,0001	0,42	0,28	16,01
	-	7,85	9,17	11,74	9,59				
	Médias NN	7,81^b	8,55^b	11,90^a					
CRK (g/kg)	+	2,12	2,08	2,28	2,16	0,11	0,38	0,56	12,39
	-	2,09	2,25	2,35	2,23				
	Médias NN	2,11	2,17	2,31					
CRCa (g/kg)	+	6,30	6,23	15,51	9,35	0,0001	0,14	0,51	17,86
	-	6,35	7,71	16,22	10,10				
	Médias NN	6,33^b	6,97^b	15,87^a					
CRMg (g/kg)	+	1,69	1,96	5,28	2,97	0,0001	0,64	0,34	16,64
	-	1,82	2,25	5,05	3,04				
	Médias NN	1,75^b	2,11^b	5,16^a					
CRZn (g/kg)	+	0,20 ^{bB}	0,22 ^{bA}	0,30 ^{aA}	0,24	0,0001	0,20	0,05	14,75
	-	0,25 ^{aA}	0,23 ^{aA}	0,28 ^{aA}	0,25				
	Médias NN	0,22	0,22	0,29					
CRCu (g/kg)	+	0,035	0,036	0,060	0,043	0,0001	0,35	0,12	15,70
	-	0,037	0,043	0,056	0,046				
	Médias NN	0,036^b	0,040^b	0,058^a					
CRNa (g/kg)	+	0,26	0,33	0,41	0,33	0,01	0,14	0,64	34,13
	-	0,31	0,42	0,42	0,38				
	Médias NN	0,28^b	0,37^{ab}	0,41^a					
CRMn (g/kg)	+	0,125 ^{bA}	0,114 ^{bB}	0,232 ^{aA}	0,157	0,0001	0,63	0,02	22,50
	-	0,131 ^{bA}	0,154 ^{abA}	0,201 ^{aA}	0,162				
	Médias NN	0,128	0,134	0,216					
CRFe (g/kg)	+	0,39 ^{bA}	0,40 ^{bB}	0,73 ^{aA}	0,51	0,0001	0,52	0,03	25,65
	-	0,45 ^{aA}	0,52 ^{aA}	0,62 ^{aA}	0,53				
	Médias NN	0,42	0,46	0,67					

¹ CV – Coeficientes de variação; Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05).

As excreções e respectivos coeficientes de resíduos observados para os animais, no Período 1-3, estão apresentados nas Tabelas 15 e 16, respectivamente. Foram observadas interações (P<0,05) entre os fatores, para as excreções de MS, MM, MO, N, Ca, Cu, Mn e Fe e também para os coeficientes de resíduos da MS, MO, N, P, Cu, Mn e Fe. Dentro dos níveis nutricionais, as excreções de MS, MM, MO, N, Ca, Cu,

Mn e Fe e os coeficientes de resíduos observados para MS, MO, P, Cu, Mn e Fe foram menores ($P < 0,05$) nos animais que receberam a dieta N95E, quando comparados àqueles consumindo a dieta N95, enquanto as excreções de MS, MM, Cu, Mn, e os coeficientes de resíduos da MS, P, Cu, Mn e Fe foram maiores ($P < 0,05$) nos animais ingerindo a dieta N90E, em relação aos da dieta N90.

Quando adicionou-se o complexo enzimático (Tabela 15), notou-se que os animais que consumiram as dietas N100E e N95E apresentaram menores ($P < 0,05$) excreções de MS, MM, MO, N, Ca, Cu, Mn e Fe, e coeficientes de resíduos (Tabela 16) para MS, MO, N, P, Cu, Mn e Fe, quando comparados aos que receberam a dieta N90E. Por outro lado, as maiores ($P < 0,05$) excreções de MS, MM, MO, N, Cu, Mn e Fe e os maiores ($P < 0,05$) coeficientes de resíduos para MS, MO, N, P, Cu, Mn e Fe, foram observados nas fêmeas suínas alimentadas com a dieta N90, em relação àquelas que consumiram a dieta N100, enquanto que para a excreção de Ca, as menores ($P < 0,05$) médias foram notadas nos animais que receberam a dieta N100, seguidos ($P < 0,05$) por aqueles da dieta N95 e os maiores ($P < 0,05$) resultados foram encontrados nos animais da dieta N90.

Os níveis nutricionais das dietas afetaram ($P < 0,05$) alguns parâmetros avaliados, sendo observados para as excreções de P e Mg (Tabela 15) e coeficientes de resíduos do Mg (Tabela 16), as menores ($P < 0,05$) médias nos animais que consumiram as dietas que atenderam 100%, seguidos ($P < 0,05$) pelos que ingeriram as dietas com 95% e as maiores ($P < 0,05$) foram encontradas naqueles das dietas que supriram 90% das exigências nutricionais. A excreção de Zn e os coeficientes de resíduos do Ca, Zn e MM foram menores ($P < 0,05$) nos animais das dietas que atenderam 100 e 95% das exigências, em relação àqueles que receberam a dieta com 90%. As maiores ($P < 0,05$) médias de excreção e coeficiente de resíduo do Na, foram encontradas nos animais que receberam a dieta com 95%, quando comparados aos que consumiram a dieta com 100% das exigências nutricionais atendidas. Para o K, as excreções não foram afetadas ($P > 0,05$) pelos fatores estudados, mas verificou-se o menor ($P < 0,05$) coeficiente de resíduo para os animais recebendo a dieta 100% e o maior ($P < 0,05$) para aqueles que consumiram a dieta que atendeu 90% das exigências nutricionais.

A presença ou ausência do complexo enzimático afetou ($P < 0,05$) apenas as excreções (Tabela 15) e o coeficiente de resíduos (Tabela 16) do Na, sendo encontradas as maiores ($P < 0,05$) médias para os animais que receberam as dietas sem a inclusão do produto, em relação àqueles que consumiram as dietas em que o complexo enzimático foi adicionado.

Tabela 15. Médias observadas para excreções (E) de MS (EMS), MM (EMM), MO (EMO), N (EN), P (EP), K (EK), Ca (ECa), Mg (EMg), Zn (EZn), Cu (ECu), Mn (EMn), Na (ENa) e Fe (EFe) em fêmeas suínas alimentadas com dietas contendo diferentes níveis nutricionais (NN), com (+) ou sem (-) a inclusão do complexo enzimático (CE), no Período 1-3 (dos 19,90 \pm 1,67 aos 96,49 \pm 8,98 kg de peso).

	CE	NN			Médias CE	Valores de P			CV ¹ (%)
		100	95	90		NN	CE	NNxCE	
EMS (g)	+	30021,42 ^{bA}	31198,92 ^{bB}	47394,85 ^{aA}	36205,06	0,0001	0,90	0,04	12,19
	-	29803,85 ^{bA}	35155,85 ^{bA}	43207,41 ^{aB}	36055,70				
	Médias NN	29912,64	33177,39	45301,13					
EMM (g)	+	4681,94 ^{bA}	4875,23 ^{bB}	9185,82 ^{aA}	6247,66	0,0001	0,89	0,01	10,08
	-	4728,76 ^{bA}	5468,62 ^{bA}	8472,99 ^{aB}	6223,46				
	Médias NN	4705,35	5171,92	8829,41					
EMO (g)	+	25339,48 ^{bA}	26729,93 ^{bB}	38429,44 ^{aA}	30166,29	0,0001	0,66	0,01	11,84
	-	25311,49 ^{bA}	31403,48 ^{aA}	35149,00 ^{aA}	30621,33				
	Médias NN	25325,49	29066,71	36789,22					
EN (g)	+	973,07 ^{bA}	1010,55 ^{bB}	1472,91 ^{aA}	1152,18	0,0001	0,57	0,04	17,35
	-	968,13 ^{bA}	1246,52 ^{abA}	1339,38 ^{aA}	1184,68				
	Médias NN	970,60	1128,54	1406,14					
EP (g)	+	724,78	787,60	1088,96	867,12	0,0001	0,65	0,06	12,41
	-	722,14	898,67	1022,69	881,17				
	Médias NN	723,46^c	843,14^b	1055,83^a					
EK (g)	+	196,16	204,69	202,09	200,98	0,23	0,41	0,62	15,83
	-	191,43	221,61	213,26	208,77				
	Médias NN	193,80	213,15	207,68					
ECa (g)	+	550,25 ^{bA}	611,97 ^{bB}	1380,37 ^{aA}	847,53	0,0001	0,31	0,05	11,21
	-	611,00 ^{bA}	707,49 ^{bA}	1312,49 ^{aA}	877,00				
	Médias NN	580,63	659,73	1346,43					
EMg (g)	+	152,87	171,43	426,53	250,27	0,0001	0,76	0,35	12,58
	-	146,47	192,99	419,87	253,11				
	Médias NN	149,67^c	182,21^b	423,20^a					
EZn (g)	+	17,34	17,94	21,78	19,02	0,0025	0,27	0,46	14,98
	-	18,32	20,13	21,42	19,96				
	Médias NN	17,83^b	19,04^b	21,60^a					
ECu (g)	+	3,06 ^{bA}	3,04 ^{bB}	5,08 ^{aA}	3,72	0,0001	0,93	0,0044	14,68
	-	2,90 ^{bA}	3,78 ^{aA}	4,46 ^{aB}	3,71				
	Médias NN	2,98	3,41	4,77					
ENa (g)	+	35,59	39,94	43,63	39,72^B	0,03	0,01	0,21	28,32
	-	39,53	58,54	49,82	49,24^A				
	Médias NN	37,47^b	49,24^a	46,72^{ab}					
EMn (g)	+	10,39 ^{bA}	10,97 ^{bB}	17,91 ^{aA}	13,09	0,0001	0,46	0,002	12,72
	-	11,27 ^{bA}	13,47 ^{abA}	15,64 ^{aB}	13,45				
	Médias NN	10,83	12,22	16,78					
EFe (g)	+	36,93 ^{bA}	38,26 ^{bB}	59,08 ^{aA}	44,76	0,0001	0,10	0,01	15,38
	-	41,44 ^{bA}	49,03 ^{abA}	54,15 ^{aA}	48,20				
	Médias NN	39,19	43,65	56,61					

¹ CV – Coeficientes de variação; Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$).

Tabela 16. Médias observadas para coeficientes de resíduos (CR) da MS (CRMS), MM (CRMM), MO (CRMO), N (CRN), P (CRP), K (CRK), Ca (CRCa), Mg (CRMg), Zn (CRZn), Cu (CRCu), Mn (CRMn), Na (CRNa) e Fe (CRFe) em fêmeas suínas alimentadas com dietas contendo diferentes níveis nutricionais (NN), com (+) ou sem (-) a inclusão do complexo enzimático (CE), no Período 1-3 (dos 19,90 ± 1,67 aos 96,49 ± 8,98 kg de peso).

	CE	NN			Médias CE	Valores de P			CV [†] (%)
		100	95	90		NN	CE	NNxCE	
CRMS (g/kg)	+	386,55 ^{BA}	391,94 ^{BB}	639,19 ^{BA}	472,55	0,0001	0,75	0,03	12,25
	-	374,02 ^{BA}	445,34 ^{BA}	583,10 ^{AB}	467,48				
	Médias NN	380,29	418,64	611,14					
CRMM (g/kg)	+	60,33	61,29	119,61	80,41	0,0001	0,79	0,07	10,57
	-	59,50	69,41	114,23	81,04				
	Médias NN	59,91^b	65,35^b	116,92^a					
CRMO (g/kg)	+	326,22 ^{BA}	335,75 ^{BB}	514,43 ^{BA}	392,13	0,0001	0,95	0,04	12,68
	-	318,11 ^{BA}	381,24 ^{BA}	474,39 ^{BA}	391,25				
	Médias NN	322,17	358,49	494,41					
CRN (g/kg)	+	12,50 ^{BA}	12,67 ^{BA}	20,50 ^{BA}	15,23	0,0001	0,74	0,05	17,19
	-	12,13 ^{BA}	14,74 ^{abA}	18,10 ^{AA}	14,99				
	Médias NN	12,32	13,71	19,30					
CRP (g/kg)	+	9,47 ^{BA}	9,89 ^{BB}	15,41 ^{BA}	11,59	0,0001	0,63	0,0047	11,45
	-	9,03 ^{CA}	11,40 ^{BA}	13,79 ^{AB}	11,41				
	Médias NN	9,25	10,65	14,60					
CRK (g/kg)	+	2,55	2,68	2,85	2,69	0,02	0,99	0,57	12,85
	-	2,43	2,80	2,85	2,69				
	Médias NN	2,49^b	2,73^{ab}	2,85^a					
CRCa (g/kg)	+	7,71	7,67	17,84	11,07	0,0001	0,23	0,40	12,96
	-	7,66	8,95	18,14	11,58				
	Médias NN	7,69^b	8,31^b	17,99^a					
CRMg (g/kg)	+	2,02	2,22	6,04	3,43	0,0001	0,53	0,08	11,06
	-	1,95	2,46	5,66	3,36				
	Médias NN	1,99^c	2,34^b	5,85^a					
CRZn (g/kg)	+	0,22	0,23	0,30	0,25	0,0001	0,49	0,18	10,73
	-	0,23	0,25	0,29	0,26				
	Médias NN	0,22^b	0,24^b	0,30^a					
CRCu (g/kg)	+	0,039 ^{BA}	0,038 ^{BB}	0,068 ^{BA}	0,048	0,0001	0,49	0,0007	12,43
	-	0,039 ^{BA}	0,045 ^{BA}	0,057 ^{AB}	0,047				
	Médias NN	0,039	0,041	0,063					
CRNa (g/kg)	+	0,47	0,50	0,53	0,50^B	0,05	0,006	0,19	27,97
	-	0,50	0,74	0,67	0,64^A				
	Médias NN	0,49^b	0,62^a	0,60^{ab}					
CRMn (g/kg)	+	0,133 ^{BA}	0,132 ^{BB}	0,241 ^{BA}	0,169	0,0001	0,94	0,0044	16,57
	-	0,141 ^{BA}	0,160 ^{BA}	0,204 ^{AB}	0,168				
	Médias NN	0,137	0,146	0,223					
CRFe (g/kg)	+	0,47 ^{BA}	0,48 ^{BB}	0,83 ^{BA}	0,59	0,0001	0,79	0,007	17,86
	-	0,52 ^{BA}	0,59 ^{abA}	0,70 ^{AB}	0,60				
	Médias NN	0,50	0,53	0,76					

[†] CV – Coeficientes de variação; Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05).

IV.4. Biodigestão anaeróbia das fezes dos animais

Na avaliação da biodigestão anaeróbia das fezes (Tabela 17) não foram observadas diferenças (P>0,05) entre os tratamentos para quaisquer dos parâmetros avaliados.

Tabela 17. Médias observadas para reduções de sólidos totais (RST) e de sólidos voláteis (RSV), sólidos voláteis reduzidos (SVR), produções de biogás (P BIO), de metano (PMET), de biogás por quilograma de sólidos totais adicionados (BSTA), por quilograma de sólidos voláteis adicionados (BSV), por quilograma de sólidos voláteis reduzidos (BSVred), por quilograma de estrume (BE), por quilograma de afluente (BAF), de metano por por quilograma de ST adicionados (MSTA), por quilograma de sólidos voláteis adicionados (MSV), por quilograma de sólidos voláteis reduzidos (MSVred), por quilograma de estrume (ME), por quilograma de afluente (MAF) das fezes de fêmeas suínas alimentadas com dietas contendo diferentes níveis nutricionais (NN), com (+) ou sem (-) a inclusão do complexo enzimático (CE).

	CE	NN		Médias CE	Valores de P			CV ¹ (%)
		100	95		NN	CE	NNxCE	
RST (%)	+	60,02	54,62	57,32	0,84	0,99	0,18	12,96
	-	53,69	60,88	57,29				
	Médias NN	56,86	57,75					
RSV (%)	+	68,35	62,10	65,27	0,80	0,97	0,07	9,11
	-	61,31	69,47	65,39				
	Médias NN	64,88	65,78					
SVR (kg)	+	0,41	0,28	0,34	0,35	0,86	0,17	25,44
	-	0,34	0,37	0,35				
	Médias NN	0,37	0,32					
P BIO (m ³)	+	0,47	0,47	0,47	0,35	0,22	0,29	17,69
	-	0,36	0,46	0,41				
	Médias NN	0,42	0,46					
PMET (m ³)	+	0,37	0,36	0,37	0,37	0,21	0,28	17,74
	-	0,28	0,35	0,32				
	Médias NN	0,33	0,36					
BSTA (m ³ /kg)	+	0,69	0,86	0,78	0,07	0,13	0,91	18,88
	-	0,57	0,72	0,65				
	Médias NN	0,63	0,79					
BSV (m ³ /kg)	+	0,82	1,04	0,93	0,07	0,15	0,84	19,43
	-	0,69	0,87	0,78				
	Médias NN	0,75	0,95					
BSVred (m ³ /kg)	+	1,23	1,68	1,45	0,15	0,19	0,39	24,02
	-	1,13	1,25	1,19				
	Médias NN	1,18	1,47					
BE (m ³ /kg)	+	0,09	0,09	0,09	0,32	0,21	0,29	17,54
	-	0,07	0,09	0,08				
	Médias NN	0,08	0,09					
BAF (m ³ /kg)	+	0,009	0,009	0,009	0,39	0,39	0,24	18,07
	-	0,007	0,009	0,008				
	Médias NN	0,008	0,009					
MSTA (m ³ /kg)	+	0,54	0,67	0,61	0,08	0,13	0,93	19,00
	-	0,45	0,56	0,50				
	Médias NN	0,50	0,62					
MSV (m ³ /kg)	+	0,64	0,81	0,73	0,08	0,15	0,86	19,58
	-	0,54	0,68	0,61				
	Médias NN	0,59	0,74					
MSVred (m ³ /kg)	+	0,96	1,31	1,14	0,17	0,19	0,41	24,34
	-	0,88	0,98	0,93				
	Médias NN	0,92	1,14					
ME (m ³ /kg)	+	0,07	0,07	0,07	0,39	0,21	0,28	17,95
	-	0,05	0,07	0,06				
	Médias NN	0,06	0,07					
MAF (m ³ /kg)	+	0,008	0,007	0,007	0,50	0,27	0,14	17,71
	-	0,006	0,007	0,007				
	Médias NN	0,007	0,007					

¹ CV – Coeficientes de variação.

IV.5. Avaliação econômica da utilização das dietas

Os dados referentes à avaliação econômica da utilização das diferentes dietas encontram-se na Tabela 18. Com relação ao custo médio de ração por quilograma de peso vivo produzido (CMRPV) nos Períodos 1, 1-2 e 1-3 observou-se que os menores valores foram encontrados para as dietas que atenderam 95 e 90% em relação àquelas que supriram 100% das exigências nutricionais dos animais. Verificou-se que as eficiências econômicas da utilização das dietas N100E e N100 foram, em torno, de 90% das apresentadas pelas dietas que atenderam 95 e 90% das exigências nutricionais dos animais e que seus custos foram, aproximadamente, 10% superiores aos das mesmas dietas, nos três Períodos estudados.

Tabela 18. Custo médio em ração por quilograma de peso vivo (CMRPV), índice de eficiência econômica (IEE) e índice de custo (IC) para fêmeas suínas alimentadas com dietas contendo diferentes níveis nutricionais (NN), com (+) ou sem (-) a inclusão do complexo enzimático (CE), nos Períodos 1, 1-2 e 1-3.

Períodos ¹	CE	NN			Médias CE	Valores de P			CV ² (%)		
		100	95	90		NN	CE	NNxCE			
CMRPV (R\$)	1	+	1,298	1,145	1,236	1,226	0,0066	0,75	0,19	9,60	
		-	1,323	1,221	1,166	1,239					
		Médias NN	1,310^a	1,183^b	1,201^b						
	1-2	+	1,504	1,357	1,427	1,429	0,0063	0,67	0,31	10,19	
		-	1,529	1,384	1,324	1,412					
		Médias NN	1,516^a	1,371^b	1,376^b						
	1-3	+	1,752	1,576	1,693	1,673	0,0054	0,43	0,18	8,21	
		-	1,745	1,620	1,566	1,644					
		Médias NN	1,748^a	1,598^b	1,629^b						
	IEE	1	+	88,21	100,00	92,64	93,62				
			-	86,55	93,78	98,20	92,84				
			Médias NN	87,38	96,89	95,42					
1-2		+	88,03	97,57	92,78	92,79					
		-	86,59	95,66	100,00	94,08					
		Médias NN	87,31	96,62	96,39						
1-3		+	89,38	99,37	92,50	93,75					
		-	89,74	96,67	100,00	95,47					
		Médias NN	89,56	98,02	96,25						
IC		1	+	113,36	100,00	107,95	107,10				
			-	115,55	106,64	101,83	108,00				
			Médias NN	114,46	103,32	104,89					
	1-2	+	113,60	102,49	107,78	107,96					
		-	115,48	104,53	100,00	106,67					
		Médias NN	114,54	103,51	103,89						
	1-3	+	111,88	100,64	108,11	106,88					
		-	111,43	103,45	100,00	104,96					
		Médias NN	111,66	102,05	104,06						

¹Período 1: dos 19,90 ± 1,67 aos 31,13 ± 2,95 kg de peso; Período 1 - 2: dos 19,90 ± 1,67 aos 70,34 ± 6,36 kg de peso; Período 1 - 3 (total): dos 19,90 ± 1,67 aos 96,49 ± 8,98 kg de peso. ²CV – Coeficientes de variação; Médias seguidas de mesma letra na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05).

V. DISCUSSÃO

A hipótese testada neste projeto foi a de que o complexo enzimático, adicionado às dietas com diferentes concentrações nutricionais, interferiria positivamente no aproveitamento nutricional das mesmas pelos suínos. Assumiu-se que a suplementação enzimática poderia melhorar a digestibilidade das dietas, pela degradação de compostos presentes nos ingredientes de origem vegetal que não são digeridos por suínos e que, além disso, podem interferir negativamente na digestibilidade dos nutrientes e da energia. Conseqüentemente, nas dietas em que houve a adição do complexo enzimático existiriam maiores teores de nutrientes e energia disponíveis, principalmente naquelas com níveis nutricionais reduzidos, o que poderia se refletir em melhorias no desempenho destes animais, maiores deposições corporais de proteína, gordura e minerais, menores excreções de fezes e de seus componentes, o que poderia atenuar seu potencial poluente, e ainda ter interferências na biodigestão anaeróbia das fezes e nos custos das dietas.

Em termos práticos, a suplementação enzimática faria com que suínos consumindo as dietas com níveis nutricionais reduzidos, considerando o incremento nutricional por elas proporcionado, tivessem o mesmo ou maior ganho de peso, melhor conversão alimentar e menor excreção de poluentes através das fezes que animais alimentados com rações com níveis nutricionais maiores. O animal teria a possibilidade de obter mais nutrientes de ingredientes vegetais e haveria menor quantidade de material não digerido para ser excretado.

Nas condições avaliadas neste experimento a hipótese inicial foi parcialmente confirmada. De forma geral os animais que consumiram as dietas que atenderam 90% das exigências nutricionais apresentaram piores digestibilidades das mesmas e desempenho e maior excreção de resíduos do que os animais que receberam as demais dietas. Com relação ao emprego do complexo enzimático, foram verificadas melhorias na digestibilidade de alguns componentes das dietas, todavia de maneira diferente em função dos níveis nutricionais das dietas e também da idade dos animais.

Tais aspectos não se refletiram no desempenho dos animais, mas surtiram efeito em algumas características das carcaças e em menor excreção de alguns componentes nas fezes. Cabe ressaltar que, em muitos pontos, quando houve interação entre os fatores em estudo, observaram-se efeitos positivos pelo uso do complexo enzimático nas dietas formuladas para atender 95% das exigências nutricionais dos animais.

Para compreender os resultados desta pesquisa, principalmente com relação aos efeitos dos níveis nutricionais, é importante destacar que as avaliações de digestibilidade das dietas, do desempenho e da excreção de resíduos dos animais foram efetuadas conjuntamente, quando as dietas foram oferecidas e consumidas à vontade pelos animais. Este aspecto foi determinante para que aqueles submetidos às dietas com menores teores energéticos tenham apresentado maiores consumos diários de ração e piores conversões alimentares e aproveitamentos das dietas, assim como maiores excreções de resíduos.

Considerando-se que um dos principais mecanismos que controla a ingestão de alimentos pelos suínos está relacionado com a manutenção do balanço energético adequado, acredita-se que para animais dos 15 aos 115 kg, a quantidade de alimento ingerido é regulada por sua concentração energética. Em outras palavras, suínos ajustam, dentro de certos limites, o consumo de ração para manterem constante o consumo de energia, necessário para satisfazer suas necessidades, sendo que com alimentação à vontade o consumo de energia geralmente é de 3 a 4 vezes a quantidade de energia exigida para manutenção (NRC, 1998).

Desta forma, as fêmeas suínas que receberam dietas com a menor concentração energética aumentaram seus consumos de maneira a satisfazerem suas necessidades energéticas, aspecto que pôde ser observado nos Períodos 1 e 1-3, e também no Período 1-2, embora neste último não tenha sido observada diferença significativa. Estas diferenças no consumo de ração pelos animais interferiram nas quantidades de fibra ingerida e conseqüentemente podem ter promovido efeitos negativos na digestibilidade das dietas.

A porção fibrosa das dietas, seja pelo efeito de encapsulamento de nutrientes ou por provocarem alterações na viscosidade do quimo e na taxa de passagem da digesta,

potencialmente prejudicam a digestão e a absorção dos demais nutrientes dietéticos e da energia oferecidos a suínos (BEDFORD et al. 1992; BEDFORD, 1995; GRAHAM, 1996; SOTO-SALANOVA, 1996; MONTAGNE et al. 2003). Todos estes efeitos reduzem a eficiência do aproveitamento das dietas pelos animais, pela menor utilização das unidades formadoras da fibra dietética como fonte de energia como também, pelo menor aproveitamento de nutrientes associados à fibra ou não digeridos e absorvidos em função dos efeitos por ela causados.

Com relação ao fitato, acredita-se que pode se complexar com proteínas que contenham resíduos de aminoácidos básicos como arginina, histidina e lisina (SELLE & RAVINDRAN, 2008), influenciando negativamente a digestibilidade desses nutrientes e também a da energia.

Dentre as dietas experimentais, em todas as Digestibilidades realizadas, as inclusões dos macroingredientes, milho, farelos de trigo e de soja, foram similares, assim como os teores de fibras (FDN e FDA) e provavelmente de fitato. Porém, como houve diferenças no consumo diário de ração, existiu maior consumo de fibra e de fitato pelos animais que receberam as dietas com menores níveis nutricionais, o que pode ter acelerado a taxa de passagem da digesta e provocado aumentos nas perdas endógenas de nutrientes, assim como também dos nutrientes da própria dieta, culminando em piores digestibilidades. Cabe ressaltar ainda, que a maior porção da fibra presente nas dietas utilizadas no presente estudo era de natureza insolúvel, oriunda do milho e do farelo de trigo, sendo este tipo de fibra estreitamente relacionado ao aumento na taxa de passagem da digesta e piora na digestibilidade de dietas consumidas por suínos (MONTAGNE et al. 2003).

Levando-se em conta os efeitos negativos da fibra dietética e do fitato sobre o aproveitamento nutricional de dietas por suínos, foi constatado na Digestibilidade 1, quando os animais apresentavam $25,40 \pm 2,15$ kg de peso, menores aproveitamentos da matéria seca, matéria orgânica, proteína, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, fósforo e magnésio pelos animais que consumiram as dietas com 95 e 90% em relação àqueles que receberam as dietas que atenderam 100% das exigências nutricionais. Neste período, foram verificados maiores consumos de ração

(Tabela 8) pelos animais alimentados com as dietas 95 e 90 em relação aos das dietas 100%.

Na Digestibilidade 2 ($49,74 \pm 4,47$ kg de peso), encontraram-se menores digestibilidades da matéria orgânica, proteína, fibra em detergente neutro e disponibilidade do fósforo para as dietas 90% em relação às 95% e 100%, sendo que o consumo de ração no Período 1-2 foi numericamente maior ($P=0,07$) para os animais do tratamento 90, comparativamente aos dos tratamentos 95 e 100.

Verificou-se na Digestibilidade 3 ($79,84 \pm 7,54$ kg de peso) a mesma relação entre os tratamentos observada na Digestibilidade 2, para as digestibilidades da proteína, fibra em detergente ácido e disponibilidades do fósforo, cálcio e magnésio. Similarmente, o consumo de ração dos animais no Período 1-3 foi maior para os que ingeriram as dietas com 90% em relação aos que receberam as dietas com 95 e 100% das exigências nutricionais atendidas.

Na literatura, alguns trabalhos evidenciaram os efeitos negativos do aumento no teor de fibra das dietas sobre a digestibilidade de nutrientes e energia em suínos. SCHULZE et al. (1994) verificaram diminuição na digestibilidade ileal da matéria seca, do nitrogênio e das cinzas e aumento linear na excreção de nitrogênio endógeno e exógeno, com o aumento no teor de fibra em detergente neutro (3, 6, 12 e 18%) em dietas para suínos em torno de 20 kg de peso vivo. De forma similar, SCHULZE et al. (1995) demonstraram que o aumento do teor de FDN nas dietas de leitões aumentou o fluxo de matéria seca no íleo e reduziu a utilização do nitrogênio, tendo sido este último efeito associado ao aumento nas perdas endógenas de nitrogênio no íleo e à não digestão da proteína da dieta neste segmento do intestino.

LE GOFF et al. (2002) avaliaram a digestibilidade e a taxa de passagem da digesta para dietas com diferentes teores e tipos de fibra dietética, para suínos em crescimento e terminação. Foram comparadas quatro dietas, sendo uma controle, composta principalmente por trigo e proteína isolada de soja, com 10,7% de fibra em detergente neutro, e as demais se constituíram em combinações da dieta controle, com ingredientes fibrosos. Foram utilizados gérmen de milho, farelo de trigo ou polpa de beterraba, substituindo parcialmente o trigo da dieta controle e aumentando o teor de

fibra nas mesmas, sendo que aquelas que tiveram inclusão de gérmen de milho ou farelo de trigo apresentaram, aproximadamente, 20% de fibra em detergente neutro e a que continha polpa de beterraba apresentou 16%. O tipo de fibra das dietas que continham gérmen de milho ou farelo de trigo foi predominantemente insolúvel, já na dieta com polpa de beterraba foi principalmente solúvel. Os teores de proteína e energia brutas das quatro dietas foram similares.

Estes autores verificaram que as digestibilidades da matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta, fibra em detergente neutro e energia, das dietas que continham gérmen de milho foram menores em 9,1, 9,0, 5,3, 23,9, 8,9% e das que continham farelo de trigo em 10,9, 10,1, 8,2, 16,3, e 11,3% do que as verificadas na dieta controle, respectivamente, para os suínos na fase de crescimento. Na fase de terminação as reduções nos coeficientes de digestibilidades dos mesmos parâmetros foram de 8,1, 8,0, 6,0, 9,3, 8,4%, para as dietas com gérmen de milho de 10,2, 9,2, 7,0, 11,3 e 10,6% para as dietas com farelo de trigo. Foi ainda constatado que os tempos de retenção das dietas com gérmen de milho e farelo de trigo no trato gastrintestinal dos animais foram numericamente menores, aproximadamente, em 3 horas em relação aos observados para aqueles consumindo a dieta controle.

Com relação à inclusão do complexo enzimático nas dietas, verificaram-se melhorias no aproveitamento da matéria orgânica, proteína, fibra em detergente neutro e cálcio, na Digestibilidade 1; proteína, fibra em detergente ácido, fósforo, na Digestibilidade 2, e cálcio, na Digestibilidade 3, demonstrando que o complexo enzimático foi eficaz em degradar compostos, como a fibra e o fitato, que os suínos não são capazes de digerir enzimaticamente, diminuindo seus efeitos negativos sobre o aproveitamento da dieta.

Vale destacar que para os parâmetros de digestibilidade em que houve interação entre os fatores em estudo, sendo na Digestibilidade 2 os coeficientes de digestibilidade da matéria seca, fibra em detergente ácido e de disponibilidade do cálcio, além da matéria seca e orgânica digestíveis e cálcio disponível; e na Digestibilidade 3 também o Ca disponível, foram observados efeitos positivos do uso do complexo enzimático na

dieta com 95% das exigências nutricionais atendidas em relação àquela com mesmo nível nutricional porém sem o produto.

Os resultados verificados nesta pesquisa concordaram com os observados em outros trabalhos. PLUSKE et al. (1998c) verificaram que a inclusão de um complexo enzimático contendo amilase, celulase, pentosanase, protease e α -galactosidase, em dietas contendo cevada e farelo de soja ou cevada e canola, para suínos em crescimento, proporcionou aumento de 7,06% na digestibilidade total da matéria orgânica, das dietas que continham farelo de soja, enquanto naquelas contendo canola esta digestibilidade foi aumentada em 12,86%. MOESER & van KEMPEN (2002) encontraram que a suplementação de xilanase à dieta com 22,2% de fibra em detergente neutro, composta principalmente por milho, farelo de soja e casca de soja, proporcionou aumentos de 2,3% na digestibilidade da matéria seca, em relação à observada para a dieta com o mesmo teor de fibra e sem a enzima, para suínos em crescimento. BARRERA et al. (2004) também trabalhando com animais na fase de crescimento, avaliaram a adição de xilanase, em dietas com 97% de farelo de trigo, quanto ao aproveitamento da proteína e aminoácidos. A inclusão de 0,02% da enzima, correspondendo a 11000 unidades de xilanase por quilograma de dieta, promoveu incrementos nos coeficientes de digestibilidade da proteína, aminoácidos essenciais e não essenciais de 7,13, 6,5 a 17,05 e 3,42 a 18,85%, respectivamente, em relação à dieta sem a enzima.

No que diz respeito à ação da fitase, isoladamente ou associada a outras enzimas, sobre a digestibilidade de dietas para suínos, alguns autores encontraram efeitos positivos. BRAÑA et al. (2006) avaliaram a adição de concentrações crescentes de duas fitases distintas, sobre a disponibilidade do fósforo em dietas compostas principalmente por milho e farelo de soja, com teores reduzidos de fósforo, para suínos em crescimento e observaram que o fósforo disponível nas dietas aumentou de 0,06 a 0,17 gramas a cada 100 unidades de fitase adicionadas às dietas. KIM et al. (2008) testaram a inclusão, conjunta e separadamente, de fitase e xilanase nas dietas de suínos em crescimento, sendo estas compostas principalmente por trigo, farelo de soja e de canola e com reduções de 3% na energia digestível, 30% no fósforo total e 20% no

cálcio, e constataram melhorias nas disponibilidades do fósforo, tanto pelo uso das enzimas separadamente como em conjunto, do cálcio, apenas quando se empregou a fitase isoladamente, e incrementos nas digestibilidades da matéria seca, energia e proteína pela adição das enzimas em conjunto.

Com relação aos resultados encontrados para as variáveis de desempenho dos animais, os mesmos podem ser parcialmente explicados pelas diferentes concentrações nutricionais e energéticas das dietas e pelo fornecimento à vontade das mesmas, como já mencionado. Assim, a ausência de diferenças no ganho diário de peso das fêmeas suínas, em todos os períodos, pode ser creditada ao fato de que aquelas que receberam dietas com a menor concentração energética aumentaram seus consumos de maneira a satisfazerem suas necessidades energéticas, aspecto que pôde ser observado nos Períodos 1 e 1-3. Estes ganhos diários de pesos similares e os maiores consumos diários de ração se refletiram em piores conversões alimentares, em todos os períodos, nos animais que receberam as dietas com 90% em relação àqueles que consumiram aquelas com 100 e 95% das exigências nutricionais.

Sobre a inclusão do complexo enzimático nas dietas, possivelmente as melhorias no aproveitamento da matéria orgânica, proteína, fibra em detergente neutro e cálcio, observados na Digestibilidade 1 (Tabela 5), proteína, fibra em detergente ácido, fósforo, na Digestibilidade 2 (Tabela 6), e cálcio, na Digestibilidade 3 (Tabela 7), não tenham sido suficientes para influenciar o desempenho dos animais.

Os resultados encontrados nesta pesquisa estão de acordo com os observados em outros trabalhos que avaliaram a suplementação enzimática para suínos em crescimento ou em terminação e não encontraram resultados positivos no desempenho dos animais. Nestes trabalhos, foram avaliadas pentosanases, β -glucanases ou misturas de carboidrases e proteases em dietas contendo cevada ou trigo, como fontes energéticas e farelo de soja ou canola como fontes proteicas (PLUSKE et al. 1998c; YIN et al. 2000; BARRERA et al. 2004; O'CONNELL et al. 2005), sendo que o ganho de peso e a conversão alimentar não foram melhorados em decorrência de incrementos muito pequenos na digestibilidade de nutrientes proporcionados pelas enzimas ou pela inclusão do produto em dietas com níveis nutricionais ótimos.

Os resultados encontrados para as características de carcaça dos animais demonstraram maior espessura média de tocinho naqueles que consumiram as dietas com complexo enzimático em relação aos que receberam as dietas sem o produto. Estes resultados foram indicativos de que o complexo enzimático pode ter melhorado o aproveitamento da energia das dietas, de maneira que pode ter havido energia disponível para os animais dos tratamentos N100E, N95E e N90E além de suas necessidades energéticas para máximo crescimento, tendo sido depositada na forma de gordura subcutânea.

Apesar de não terem sido verificadas diferenças na digestibilidade da energia das dietas pelo emprego do complexo enzimático, foram observados maiores teores de fibra em detergente neutro digestíveis, além de coeficientes de digestibilidade desta fibra numericamente maiores ($P=0,10$), para as dietas suplementadas com o produto nas Digestibilidades 1 e 3. Tais fatos permitiram inferir que o complexo enzimático degradou parte da FDN, tornando seus componentes passíveis de serem enzimaticamente digeridos e aproveitados pelos suínos como fonte de energia, o que pode não ter ocorrido com os animais que receberam as dietas sem o produto, de maneira que o aproveitamento de parte desta porção fibrosa tenha se dado exclusivamente em decorrência da ação microbiana no intestino grosso.

Sabe-se que parte da porção fibrosa de ingredientes de origem vegetal é passível de fermentação microbiana no intestino grosso, sendo degradada a ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), que serão absorvidos e utilizados para produção de energia pelo animal. Entretanto, a energia oriunda dos AGCC é menor do que a produzida pela degradação enzimática e absorção de carboidratos no intestino delgado, em função de perdas durante o processo de fermentação, em que há produção de CH_4 , H_2 e calor e pela menor eficiência na utilização dos AGCC no metabolismo intermediário dos animais (DIERICK et al. 1989; NOBLET & LE GOFF, 2001). Em suma, apesar de não ter havido diferenças na digestibilidade da energia das dietas pelo uso do complexo enzimático, a maior digestibilidade da fibra em detergente neutro em razão da adição deste produto, pode ter disponibilizado maior quantidade de energia para os animais.

Poucos trabalhos foram encontrados na literatura avaliando os efeitos de enzimas exógenas sobre as características das carcaças de suínos. Contudo, os resultados desta pesquisa concordaram com os observados anteriormente por BRADY et al. (2003), que verificaram que a adição de níveis crescentes de fitase em dietas compostas principalmente por cevada, milho e farelo de soja, para suínos em terminação, promoveram aumento linear na espessura de tocinho dos animais.

Ainda em relação às características das carcaças, foram verificadas maiores profundidade de lombo e rendimento de carcaça nos animais que receberam a dieta N95E em relação àqueles da dieta N95. O mesmo raciocínio, aplicado para o aproveitamento da energia da dieta pode ser também utilizado para a ação do complexo enzimático sobre as frações proteica e fibrosa das dietas, isto é, o produto atuou sobre a proteína das dietas, fato observado pelas maiores proteínas digestíveis destas dietas nas Digestibilidades 1 e 2 e sobre a fibra das dietas, pelas maiores FDN digestíveis nas Digestibilidades 1 e 3, melhorando o aproveitamento da proteína pelos animais que receberam a dieta N95E, o que pode explicar os resultados observados para estes animais em relação aos que não receberam o complexo enzimático na dieta

As menores deposições de Ca e Mg nos ossos em relação ao consumo destes minerais pelos animais que receberam as dietas com 90% das exigências nutricionais pode ser decorrente de “contaminação” destas dietas com estes minerais. Pelas análises dos teores de cálcio e magnésio nas dietas N90 e N90E, verificou-se que continham maiores concentrações do que as demais, quando, pelo menos em relação ao cálcio deveriam apresentar menores valores. Esta “contaminação” pode ter acontecido em função da elevada inclusão de inerte nas dietas do nível nutricional 90, visto que foi o único ingrediente incluído nestas dietas em maiores quantidades em relação às demais. Desta forma, como não houve diferenças nos teores de cálcio e magnésio nos ossos dos animais que consumiram as diferentes dietas experimentais, o maior consumo dos minerais em questão explica suas menores deposições nos ossos em relação ao ingerido via dietas.

No que diz respeito ao efeito do complexo enzimático sobre a deposição mineral nos ossos, os resultados encontrados diferiram dos observados em outras pesquisas.

SHELTON et al. (2004), trabalhando com suínos nas fases de crescimento e terminação, compararam dietas contendo milho e farelo de soja, com concentrações normais, de 0,60% e 0,24%, ou baixas 0,50% e 0,14% de cálcio e fósforo disponível, respectivamente, suplementadas ou não com 500 unidades de fitase por quilograma de ração, verificaram reduções no teor de cinzas e na resistência óssea dos animais que consumiram a dieta deficiente em cálcio e fósforo e sem a inclusão da enzima. Tais resultados foram revertidos nos suínos que consumiram a dieta com fitase e não diferiram dos observados nos animais que receberam aquela com as concentrações normais de cálcio e fósforo.

Com resultados semelhantes, BRADY et al. (2003), testando concentrações crescentes (0, 500, 750 e 1000 FTU/kg de ração) de fitase nas dietas de suínos em terminação, notaram aumentos lineares nas retenções de fósforo. De forma similar, BRAÑA et al. (2006), estudando a suplementação de concentrações crescentes (0, 250, 500, 750 e 1000 FTU/kg de ração) de duas fitases distintas para suínos nas fases inicial, de crescimento e de terminação, alimentados com dietas compostas principalmente por milho e farelo de soja e deficientes em fósforo, verificaram que nas três fases estudadas, houve aumentos lineares dos teores de cinzas nos ossos pelo emprego das enzimas.

As diferenças verificadas nos estudos citados em relação aos resultados encontrados na presente pesquisa podem ser creditadas, primeiramente, ao fato de que as dietas utilizadas neste trabalho tiveram reduções não só nos teores de fósforo, mas também nos de energia, além do que a atividade enzimática da fitase do complexo enzimático utilizado nas dietas experimentais ter sido de 300 FTU/kg de dieta, valor inferior aos observados nas pesquisas citadas. As fêmeas suínas que receberam as dietas com menores concentrações energéticas (N90 e N90E) apresentaram maiores consumos diários de ração do que as demais e, desta maneira, também tiveram consumos de fósforo aumentados, fato que não alterou os teores de fósforo nos ossos e conseqüentemente suas deposições em relação às quantidades ingeridas.

No caso da dieta N100E, o teor de fósforo atendia às exigências dos animais, o que pode ter feito com que o possível aumento na disponibilização deste mineral pelo

complexo enzimático tenha se constituído em fósforo excedente, que pode ter sido excretado pelo organismo animal. Nos trabalhos de BRADY et al. (2003), SHELTON et al. (2004) e BRAÑA et al. (2006) só foram reportadas reduções de fósforo nas dietas, de maneira que o consumo deste mineral, na forma disponível, possivelmente tenha sido menor do que o verificado nesta pesquisa, criando condições para a ação da fitase em disponibilizar o mineral ligado ao fitato para ser absorvido e utilizado.

Os resultados encontrados para as excreções de fezes e de seus componentes, assim como os dos coeficientes de resíduos, foram coerentes com os verificados para o consumo de ração e digestibilidades das rações. Foram observados efeitos dos níveis nutricionais em todos os períodos estudados. No Período 1, os animais que consumiram as dietas com 100% das exigências nutricionais excretaram menos matéria seca, matéria orgânica, nitrogênio, fósforo, cobre, sódio, manganês e ferro, e apresentaram menores coeficientes destes resíduos do que aqueles que consumiram as dietas com 95 e 90% das exigências nutricionais. No Período 1-2, para as excreções e coeficientes dos mesmos componentes já citados e também do cálcio, magnésio e zinco, verificou-se que não houve diferenças entre os animais que receberam as dietas com 100 e 95% das exigências nutricionais, porém estes apresentaram menores excreções do que os que consumiram as dietas N90 e N90E. No Período 1-3, observou-se o mesmo comportamento que no Período 1-2 para a excreção de Zn e para os coeficientes de resíduos do zinco, do cálcio e da matéria mineral.

Desta maneira, foi possível constatar que o menor consumo diário de ração pelos animais dos tratamentos N100 e N100E no Período 1 e também a melhor digestibilidade da maioria dos nutrientes na Digestibilidade 1, em relação aos animais submetidos às demais dietas, levou a menores excreções e coeficientes de resíduos. Nos Períodos 1-2 e 1-3 e nas Digestibilidades 2 e 3, os menores consumos diários de ração e melhores digestibilidades das dietas encontrados para os animais que receberam as dietas com os níveis nutricionais atendidos em 100 e 95%, em relação aos que consumiram as dietas N90 e N90E promoveram também menores excreções e coeficientes de resíduos.

A ação do complexo enzimático sobre a excreção de resíduos foi positiva para alguns parâmetros. Em função da adição do produto às dietas, houve menor excreção e coeficientes de resíduos da matéria orgânica e numericamente menores excreções e coeficientes de resíduos do nitrogênio ($P=0,16$, $P=0,13$, respectivamente), da matéria mineral ($P=0,06$, $P=0,08$, respectivamente) e excreção de zinco ($P=0,09$) no Período 1; menores excreções de nitrogênio, cálcio, zinco, sódio e numericamente menores excreções de matéria seca ($P=0,10$), matéria mineral ($P=0,17$), matéria orgânica ($P=0,08$), fósforo ($P=0,14$), potássio ($P=0,17$), manganês ($P=0,06$) e ferro ($P=0,07$), no Período 1-2; menor excreção e coeficiente de resíduos do sódio, observados nos animais que consumiram as dietas com complexo enzimático e menores excreções e coeficientes de resíduos da matéria seca, matéria orgânica, ferro, cobre e manganês, assim como menores excreções de matéria mineral, nitrogênio e cálcio para os animais que receberam a dieta N95E em relação aos que consumiram a dieta N95, no Período 1-3. Deste modo, o melhor aproveitamento de alguns componentes das dietas pelo emprego do complexo enzimático, verificados na avaliação das digestibilidades, se refletiu em menores excreções de diversos componentes nas fezes, demonstrando efeito positivo da utilização de enzimas exógenas na alimentação de suínos visando à diminuição do potencial de impacto ambiental das fezes dos animais.

Cabe discutir aqui a interação entre os fatores estudados sobre a excreção dos resíduos no Período 1-3, no qual verificou-se efeito positivo do complexo enzimático apenas no nível nutricional 95, com ausência de efeitos no nível 100 e ausência de efeitos (excreções de matéria orgânica, cálcio, nitrogênio e ferro) ou maiores excreções, no nível 90 (excreções de matéria seca, matéria mineral, cobre e manganês) pela adição do complexo enzimático. Primeiramente, nas dietas formuladas para atender 100% das exigências nutricionais, os aumentos na disponibilização de nutrientes e energia pelo emprego do complexo enzimático se refletiram em nutrientes em excesso, além das necessidades nutricionais dos animais que, possivelmente, podem não ter sido absorvidos, tendo sido excretados, fato que pode ser indicativo de que a utilização de enzimas em dietas com níveis nutricionais adequados não se constitui, necessariamente, em melhorias na eficiência alimentar dos animais e

consequentemente em diminuição da excreção de resíduos. No caso das dietas com 90% das exigências nutricionais, é possível especular que a piora na digestibilidade das dietas em virtude do maior consumo de ração e, por conseguinte de fibra, foi de tamanha magnitude que mesmo possíveis efeitos positivos das enzimas não se manifestaram ou que a ação das enzimas em disponibilizar nutrientes foi muito inferior ao necessário para reverter a redução de 10% nos níveis nutricionais das dietas de modo a permitir melhor aproveitamento das mesmas e menor excreção de resíduos. Tal ponto também permite inferir que o uso do complexo enzimático em dietas com reduções nutricionais drásticas, não tem efeitos positivos, principalmente com relação à excreção de resíduos.

Os resultados positivos pela utilização do complexo enzimático obtidos nesta pesquisa concordaram com os observados na literatura. MOESER & van KEMPEN (2002) verificaram que a adição de xilanase em dietas com 22,2% de fibra em detergente neutro proporcionou redução de 10,3% na quantidade excretada de fezes pelos animais, em relação ao observado para aqueles que consumiram dieta com o mesmo teor de fibra e sem enzimas. ZHANG et al. (2003) avaliaram os efeitos da micronização de ervilhas e suplementação enzimática sobre as excreções de nitrogênio e fósforo por suínos na fase de crescimento. Foram comparadas três dietas, contendo cevada e ervilha (controle), cevada e ervilha micronizada (CM) e CM suplementada com um complexo enzimático (CME), composto por β -glucanase, fitase, protease, amilase, celulase e pectinase. As quantidades excretadas de fezes, nitrogênio e fósforo não diferiram entre os animais dos tratamentos CM e CME, mas foram, em média, 25%, 20% e 16%, respectivamente, menores em relação ao observado nos animais do tratamento controle.

De maneira análoga, HTOO et al. (2007) avaliaram a excreção de fósforo por suínos na fase de crescimento, consumindo dietas contendo cevada e farelo de soja (CFS), CFS com teor reduzido de fósforo (CFSPr), CFSPr suplementada com fitase e mais uma dieta contendo cevada com baixo teor de fitato e farelo de soja. Os autores verificaram que a suplementação de fitase reduziu em 32% a excreção do mineral em relação aos animais que receberam a dieta CFS.

A biodigestão anaeróbia das fezes dos animais não foi alterada pelas diferentes dietas experimentais. Entretanto, constataram-se maiores potenciais de produção de biogás e de metano na biodigestão das fezes dos animais que consumiram as dietas com enzimas, embora não estatisticamente significativos. Foram observados aumentos nos potenciais de produção de biogás e de metano por quilograma de sólidos totais e voláteis adicionados e sólidos voláteis reduzidos quando se utilizaram as fezes dos animais alimentados com as dietas suplementadas com o complexo enzimático da ordem de 20,00 (P=0,13), 19,23 (P=0,15) e 21,85% (P=0,19), para os potenciais de produção de biogás, e 22,00 (P=0,13), 19,67 (P=0,15) e 22,58% (P=0,19), para os potenciais de produção de metano, respectivamente, em relação à utilização das fezes dos animais submetidos às dietas sem o complexo enzimático.

O processo de biodigestão anaeróbia se dá pela ação de diferentes tipos de microrganismos sobre a matéria orgânica contida nos resíduos, transformando substâncias orgânicas complexas em moléculas mais simples, com a produção do biofertilizante e do biogás. Diversos fatores interferem neste processo, dentre os quais está a composição do substrato ou do material a ser digerido. Assim, dependendo dos teores de minerais, de nitrogênio e possivelmente dos tipos de carboidratos presentes, a produção de biogás pode ser alterada. Segundo LUCAS Jr. (1994), o potencial de produção de biogás a partir do dejetos de ruminantes deve sofrer variações em função da qualidade nutricional dos alimentos fornecidos aos animais. No caso de suínos, WANG et al. (2002) demonstraram que o amido, independentemente de sua origem, é totalmente degradado até o intestino grosso dos animais, enquanto a porção fibrosa dos alimentos não, sendo parte degradada no intestino grosso, e a outra porção não passível de degradação e possivelmente excretada.

Uma das ações esperadas do complexo enzimático era a degradação dos carboidratos fibrosos presentes nas dietas oferecidas aos animais, de maneira que fossem aproveitadas como fonte de energia e que não causassem efeitos negativos na digestão dos outros constituintes do alimento consumido. CHOCT (2006) mencionou que a maioria das carboidrases utilizadas na alimentação animal são endoenzimas, clivam as moléculas de carboidratos ao meio, não liberando de imediato suas unidades

formadoras. Deste modo, é possível especular que a ação das carboidrases, que são em sua maioria endoenzimas, liberaria parte das moléculas dos carboidratos fibrosos, que poderia ou não ser aproveitada enzimaticamente pelo suíno e por sua população microbiana, podendo tanto se constituir em fonte de energia como também ser excretada, caso não utilizada. Contudo, mesmo sendo excretada, pode-se inferir que se constituiria em fonte de carboidrato mais acessível à degradação microbiana nos biodigestores do que as moléculas intactas de fibra. Assim, as diferenças numéricas nos potenciais de produção de biogás e de metano, das fezes de suínos alimentados com as dietas que continham o complexo enzimático, poderiam ser atribuídas à presença de carboidratos de mais fácil degradação, em função da ação do complexo enzimático utilizado.

Um aspecto interessante de ser observado é a relação entre a excreção de componentes nas fezes e os potenciais de produção de biogás e de metano. Tomando-se a excreção de matéria orgânica, no Período 1-3, pelos animais que consumiram as dietas N95E e N95, que diferiram estatisticamente entre si, e relacionando-as com os potenciais de produção de biogás e de metano por quilograma de sólidos voláteis, foi possível constatar que a produção de biogás e de metano em função da excreção de matéria orgânica seria muito próxima.

Os animais que receberam a dieta N95E excretaram em média 26,72 kg de matéria orgânica e suas fezes apresentaram produções potenciais de biogás e de metano de, respectivamente, 1,04 e 0,81 m³/kg de sólidos voláteis. Tais valores possivelmente levariam, pelo processo de biodigestão, à produção de 27,79 m³ de biogás e 21,64 m³ de metano em função da quantidade de matéria orgânica excretada. Para os animais que receberam a dieta N95 foi encontrada excreção de 31,40 kg de matéria orgânica e produções potenciais de biogás e de metano de, respectivamente, 0,87 m³/kg e 0,68 m³/kg de sólidos voláteis. Analogamente, a matéria orgânica excretada por estes animais potencialmente produziria 27,31 m³ de biogás e 21,35 m³ de metano.

Assim, constatou-se que o emprego do complexo enzimático na dieta com 95% das exigências nutricionais promoveu redução na excreção de matéria orgânica, porém

as fezes dos animais que a consumiram potencialmente produziram volumes similares de biogás e de metano em relação às daqueles alimentados com a dieta N95, que excretaram maior quantidade de matéria orgânica. Em outras palavras, a suplementação enzimática foi capaz de diminuir a excreção de matéria orgânica, reduzindo o potencial de impacto ambiental dos resíduos de suínos, mas mantendo as produções de biogás e de metano, que podem se constituir em importantes insumos energéticos para o produtor de suínos, assim como podem gerar fonte de renda adicional.

Na literatura, em trabalhos que avaliaram a biodigestão anaeróbia de resíduos de suínos dificilmente encontra-se a descrição ou composição da alimentação destes. MIRANDA (2009) avaliou a biodigestão das fezes de suínos alimentados com milho ou sorgo como fontes energéticas das dietas e observou resultados interessantes, que demonstraram que as fezes dos suínos alimentados com milho, na fase de terminação tiveram maiores reduções de sólidos totais e voláteis, assim como maiores produções potenciais de biogás por quilograma de afluente e de estrume do que as fezes daqueles alimentados com sorgo. O autor atribuiu tais efeitos à presença de tanino no sorgo, que pode ter interferido negativamente na ação dos microrganismos que atuaram na degradação das fezes e, conseqüentemente, na produção de biogás.

Ainda com relação ao trabalho de MIRANDA (2009), as médias encontradas para os potenciais de produção de biogás por quilograma de sólidos totais e voláteis adicionados e sólidos voláteis reduzidos, para as fezes de suínos alimentados com dieta contendo milho foram 0,525, 0,599, 0,872 m³ e para a dieta contendo sorgo foram 0,499, 0,563, 0,904 m³, respectivamente, tendo sido inferiores às verificadas no presente trabalho.

No que diz respeito à avaliação econômica da utilização das dietas em função do ganho de peso dos animais, foram observadas diferenças entre os níveis nutricionais. As dietas do nível nutricional 100% apresentaram maiores custos relativos ao ganho de peso e, conseqüentemente, menores eficiências econômicas em todos os Períodos estudados. Por ocasião da formulação das dietas, objetivou-se primeiramente manter próximos os níveis de inclusão dos macroingredientes, milho, farelo de trigo e farelo de

soja, entre as diferentes dietas, de modo que os substratos para ação do complexo enzimático não variassem entre estas e pudessem interferir na avaliação do produto. Ainda na formulação, deixou-se um “espaço” para adicionar ingredientes a fim de aumentar a densidade nutricional das dietas, ou então para incluir um ingrediente inerte, que foi o caso das dietas do nível nutricional 90. Nas dietas do nível 100 houve necessidade da inclusão de maiores quantidades de óleo, aminoácidos sintéticos e fosfato bicálcico do que nas demais, para que atendessem 100% das exigências das fêmeas suínas, tornando-as mais caras. Mesmo tendo sido consumidas em menores quantidades apresentaram menor eficiência econômica.

Quanto à adição do complexo enzimático, foi possível verificar que seu uso trouxe melhores resultados econômicos no Período 1, tendo nos demais sido inferior ao apresentado pelas dietas em que não houve inclusão do complexo enzimático, embora não diferindo estatisticamente. A eficiência econômica da utilização do complexo enzimático seria decorrente de efeitos do produto em disponibilizar energia e nutrientes da dieta, aos quais as enzimas produzidas pelos animais não tinham acesso, conseqüentemente diminuir o consumo e manter o mesmo ganho de peso comparativamente aos que consumissem dietas com os mesmos níveis nutricionais, porém sem o complexo enzimático. Adicionalmente o custo do complexo enzimático necessariamente deveria ser menor do que o montante gasto com consumo de ração observado para os animais que não recebessem o produto em sua alimentação.

Considerando-se as condições para viabilidade econômica do uso do complexo enzimático, verificou-se nos ensaios de digestibilidade que o produto testado melhorou o aproveitamento de alguns componentes das dietas, mas para outros só houve melhora para as dietas formuladas para atender 95% das exigências dos animais. Na avaliação do desempenho foram observadas apenas, numericamente, menores consumos de ração, principalmente entre os animais dos tratamentos N100E e N95E em relação aos que receberam as dietas N100 e N95, sendo constatado nas dietas do nível nutricional 95 as maiores diferenças numéricas.

Entre as dietas N95E e N95, em todos os Períodos, a que teve adição do complexo enzimático apresentou melhores resultados econômicos, sendo mais um

indicativo de que a utilização do produto depende principalmente da magnitude da restrição nutricional provocada, ou seja, quando não houve diminuição nos teores nutricionais (100%) ou quando a restrição foi mais severa (90%), a ação do complexo enzimático não pôde efetivamente ser expressa.

VI. CONCLUSÕES

As diferentes concentrações nutricionais das dietas interferiram em quase todos os parâmetros avaliados e a suplementação enzimática teve efeitos na digestibilidade das dietas, na excreção de resíduos e nas características das carcaças dos animais. A maior parte dos resultados aqui encontrados demonstrou que o emprego do complexo enzimático na dieta formulada para atender 95% das exigências nutricionais das fêmeas suínas, nos períodos 1-2 e 1-3, trouxe bons resultados produtivos e econômicos e diminuiu o potencial de impacto ambiental da atividade. Por outro lado, atender apenas 90% das exigências nutricionais de animais com grande potencial genético para ganho de peso, independentemente do uso do complexo enzimático, é uma restrição muito drástica.

VII. IMPLICAÇÕES

A utilização de enzimas exógenas na alimentação de suínos, de acordo com os resultados aqui encontrados, pode se constituir em importante ferramenta para diminuir o potencial de impacto ambiental da suinocultura e manter os bons desempenhos produtivo e econômico da atividade. Mais estudos são necessários para se determinar com exatidão, nas diferentes fases de desenvolvimento dos suínos, as reduções dos níveis nutricionais das dietas que, combinados com a suplementação enzimática,

promovam desempenho e digestibilidade da dieta similares aos de animais alimentados com níveis nutricionais adequados, assim como menor excreção de resíduos e maior eficiência econômica.

VIII. REFERÊNCIAS

- AARNINK, A.J.A.; VERSTEGEN, M.W.A. Nutrition, key factor to reduce environmental load from pig production. **Livestock Science**, Amsterdam, v. 109, n.1-3, p. 194-203, 2007.
- ADEOLA, O. Digestion and balance techniques in pigs. In: LEWIS, A.J.; SOUTHERN, L.L. **Swine Nutrition**. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press, 2001, p.903-916.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - APHA. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 19. ed. Washington: APHA, 1995.
- ANUALPEC 2009. **Anuário da Pecuária Brasileira**. São Paulo: F.N.P. Instituto, 2009, p. 263.
- BAAS, T.C.; THACKER, P.A. Impact of gastric pH on enzyme activity and survivability in swine fed enzyme supplemented diets. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 76, n. 3-4, p. 245-252, 1996.
- BACH KNUDSEN, K.E. Carbohydrate and lignin contents of plant materials used in animal feeding. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 67, n.4, p.319 - 338, 1997.
- BACH KNUDSEN, K.E. The nutritional significance of “dietary fibre” analyses. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 90, n. 1-2, p. 3-20, 2001.
- BARBOSA, P.H.; FIALHO, E.T.; FERREIRA, A.S. Triguilho para suínos nas fases inicial de crescimento, crescimento e terminação. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 21, n. 5, p. 827-837, 1992.
- BARRERA, M.; CERVANTES, M.; SAUER, W.C.; ARAIZA, A.B.; TORRENTERA, N.; CERVANTES, M. Ileal amino acid digestibility and performance of growing pigs fed wheat-based diets supplemented with xylanase. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 82, n. 7, p. 1997-2003, 2004.

- BAUCELLS, F.; PEREZ, J.F.; MORALES, J.; GASA, J. Effect of α – galactosidase supplementation of cereal-soya-bean-pea diets on the productive performances, digestibility and lower gut fermentation in growing and finishing pigs. **Animal Science**, Edinburgh, v.71, n. 1, p.157-164, 2000.
- BEDFORD, M.R.; PATIENCE, J.F.; CLASSEN, H.L.; INBORR, J. The effect of dietary enzyme supplementation of rye and barley based diets on digestion and subsequent performance in weanling pigs. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 72, n. 1, p. 97-105, 1992.
- BEDFORD, M.R. Mechanism of action and potential environmental benefits from the use of feed enzymes. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 53, n. 2, p.145-155, 1995.
- BEDFORD, M.R. Exogenous enzymes in monogastric nutrition - their current value and future benefits. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 86, n. 1-2, p. 1-13, 2000.
- BELLAVER, C.; FIALHO, E.T.; PROTAS, J.F.S.; GOMES, P.C.; Radícula de malte na alimentação de suínos em crescimento e terminação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 8, p. 969-974, 1985.
- BERCHIELLE, T.T.; OLIVEIRA, S.G.; CARRILHO, E.N.V.M.; FEITOSA, J.V.; LOPES, A.D. Comparação de marcadores para estimativas de produção fecal e de fluxo de digesta em bovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.34, n.3, p.987-996, 2005.
- BRADY, S.M.; CALLAN, J.J.; COWAN, D.; McGRANE, M.; O'DOHERTY, J.V. Effect of two microbial phytases on the performance and nutrient retention on grower-finisher pigs fed barley-mayze-soybean meal-based diets. **Irish Journal of Agriculture and Food Research**, Dublin, v.42, n. 1, p. 101-117, 2003.
- BRAÑA, D.V.; ELLIS, M.; CASTANEDA, E.O.; SANDS, J.S.; BAKER, D.H. Effect of a novel phytase on growth performance, bone ash, and mineral digestibility in nursery and grower–finisher pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign v. 84, n. 7, p. 1839–1849, 2006.

- CAETANO, L. **Proposição de um sistema modificado para quantificação de biogás**. 1985. 75 f. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1985.
- CAMPBELL, G.L.; BEDFORD, M.R. Enzyme applications for monogastric feeds: a review. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 72, n. 3, p. 449-466, 1992.
- CHESSON, A. Feed enzymes. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.45, n. 1, p. 65-79, 1993.
- CHOCT, M. Enzymes for the feed industry: past, present and future. **World's Poultry Science Journal**, Cambridge, v. 62, n. 1, p. 5-16, 2006.
- COWAN, W.D.; KORSBAL, A.; HASTRUP, T.; RASMUSSEN, P.B. Influence of added microbial enzymes on energy and protein availability of selected feed ingredients. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.60, n. 3-4, p. 311-319, 1996.
- CROMWELL, G.L.; STAHLY, T.S.; COFFEY, R.D.; MONEGUE, H.J.; RANDOLPH, J.H. Efficacy of phytase in improving the bioavailability of phosphorous in soybean meal and corn-soybean meal diets for pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 71, n. 7, p. 1831-1840, 1993.
- DE LANGE, K.; NYACHOTI, M.; BIRKETT, S. Manipulation of diets to minimize the contribution to environmental pollution. **Advances in Pork Production**, Banff, v.10, p. 173-185, 1999.
- DIERICK, N.A.; VERVAEKE, I.J.; DEMEYER, J.A.; DECUYPERE, J.A. Approach to the energetic importance of fibre digestion in pigs. I. Importance of fermentation in the overall energy supply. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 23, n. 1-3, p. 141-167, 1989.
- DIERICK, N.A.; DECUYPERE, J.A. Enzymes and growth in pigs. In: COLE, D.J.A.; WISEMAN, J.; VARLEY, M.A. (eds). **Principles of Pig Science**. Nottingham: Nottingham University Press, UK, 1994, p. 169-195.
- ENSMINGER M. E.; OLDFIELD, J. E.; HEINEMANN, W. W. **Feeds & Nutrition**. 2nd ed. Clovis: The Ensminger Publishing Company, 1992. 1544 p.
- EVERITT, B.S. **The Cambridge dictionary of statistics**. Cambridge: Cambridge University Press, 1998. 360 p.

- FERKET, P.R.; van HEUGTEN, E.; van KEMPEN, T.A.T.G.; ANGEL, R. Nutritional strategies to reduce environmental emissions from nonruminants. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 80, (Suppl.2):1, p. 168-182, 2002.
- GDALA, J.; JOHANSEN, H.N.; BACH KNUDSEN, K.E.; KNAP, I.H.; WAGNER, P.; JORGENSEN, O.B. The digestibility of carbohydrates, protein and fat in the small and large intestine of piglets fed non-supplemented and enzyme supplemented diets. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.65, n. 2-3, p. 15-33, 1997.
- GLITSO, L.V.; BRUNSGAARD, G.; HOJSGAARD, S.; SANDSTROM, B.; BACH KNUDSEN, K.E. Intestinal degradation in pigs of rye dietary fibre with different structural characteristics. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 80, n. 5, p. 457-468, 1998.
- GRAHAM, H. Mode of action of feed enzymes in diets based on low viscous and viscous grains. In: **SIMPÓSIO LATINO - AMERICANO DE NUTRIÇÃO DE SUÍNOS E AVES**, 1996, Campinas, **Anais...**Campinas: CBNA, 1996, p. 60-69.
- GRANDHI, R.R. Effect of dietary ideal amino acid ratios, and supplemental carbohydrase in hullless-barley-based diets on pig performance and nitrogen excretion in manure. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 81, n. 1, p. 125-132, 2000.
- GUIDONI, A.L. Melhoria dos processos para tipificação de carcaças suínas no Brasil. In: **CONFERÊNCIA INTERNACIONAL VIRTUAL SOBRE QUALIDADE DE CARNE SUÍNA**, 1., 2000, Concórdia. Anais eletrônicos... Disponível em: <<http://www.cnpsa.embrapa.br/pork>> Acesso em: 12 fev. 2006.
- HOO, J.K.; SAUER, W.C.; YÁÑEZ, J.L.; CERVANTES, M.; ZHANG, Y.; HELM, J.H.; ZIJLSTRA, 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**, Champaign, v.85, n. 11, p. 2941-2948, 2007.
- INBORR, J.; SCHMITZ, M.; AHRENS, F. Effect of adding fibre and starch degrading enzymes to a barley/wheat based diet on performance and nutrient digestibility in different segments of the small intestine of early weaned pigs. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 44, n. 1-2, p. 113-127, 1993.
- ITABORAHY, C.R. **Desempenho de sistemas estático e dinâmico com aguapé (Eichhornia crassipes) no tratamento de águas residuárias da suinocultura**. 1999.

65 f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, 1999.

JENSEN, M.S.; BACH KNUDSEN, K.E.; INBORR, J.; JAKOBSEN, K. Effect of β -glucanase supplementation on pancreatic enzyme activity and nutrient digestibility in piglets fed diets based on hulled and hullless barley varieties. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 72, n. 3-4, p. 329-345, 1998.

JIN, L.; REYNOLDS, L.P.; REDMER, D.A.; CATON, J.S.; CRENSHAW, J.D. Effects of dietary fiber on intestinal growth, cell proliferation, morphology in growing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 72, n. 9, p. 2270-2278, 1994.

KARR-LILIENTHAL, L.K.; KADZERE, C.T.; GRIESHOP, C.M.; FAHEY Jr., G.C. Chemical and nutritional properties of soybean carbohydrates as related to nonruminants: a review. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v.97, n. 1, p. 1-12, 2005.

KASIM, A.B.; EDWARDS, H.M. The analysis for inositol phosphate forms in feed ingredients. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v.76, n. 1, p. 1-9, 1998.

KIES, A.K.; KEMME, P.A.; SEBEK, L.B.J.; van DIEPEN, J.Th.M.; JONGBLOED, A.W. Effect of graded doses and high dose of microbial phytase on the digestibility of various minerals in weaner pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 84, n. 5, p. 1169-1175, 1996.

KIM, S.W.; KNABE, P.A.; HONG, K.J.; EASTER, R.A. Use of carbohydrases in corn-soybean meal-based nursery diets. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 81, n. 10, p. 2496-2504, 2003.

KIM, J.C.; SANDS, J.S.; MULLAN, B.P.; PLUSKE, J.R. Performance and total tract digestibility responses to exogenous xylanase and phytase in diets for growing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 142, n. 1, p. 163-172, 2008.

LE GOFF, G.; van MILGEN, J.; NOBLET, J. Influence of dietary fibre on digestive utilization and rate of passage in growing pigs, finishing pigs and adults sows. **Animal Science**, Edinburgh, v. 74, n. 3, p. 503-515, 2002.

- LI, S.; SAUER, W.C.; HUANG, S.X.; GABERT, V.M. Effect of β -glucanase supplementation to hullless barley or wheat - soybean meal diets on the digestibilities of energy, protein, β -glucans and amino acids in young pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 74, n. 7, p. 1649-1656, 1996.
- LINDEMANN, M.D.; GENTRY, J.L.; MONEGUE, H.J.; CROMWELL, G.L. Determination of the contribution of an enzyme combination to the growth performance of pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 75, n. 1, p.184, 1997.
- LIU, Y.; BAIDOO, S.K. Exogenous enzymes for pig diets: an overview. In: **Enzymes in poultry and swine nutrition**. 1997. Disponível em: <http://web.idrc.ca/en/ev-30967-201-1-DO_TOPIC.html> Acesso em: 24 jun.2004.
- LOW, A.G. Secretory responses of the pig gut to no-starch polysaccharides. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 23, n. 1-3, p. 55-65, 1989.
- LUCAS Jr., J. **Algumas considerações sobre o uso do estrume de suínos como substrato para três sistemas de biodigestores anaeróbios**. 1994. 137f. Tese (Livre – Docência em Construções Rurais) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1994.
- LUCAS Jr., J.; SILVA, S. M. Aproveitamento de resíduos agrícolas para a geração de energia. In: **SIMPÓSIO DE ENERGIA, AUTOMAÇÃO E INSTRUMENTAÇÃO. CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**, 27., 1998, Poços de Caldas. **Palestra...** Lavras: SBEA, 1998. p. 63-135
- MAVROMICHALIS, I.; HANCOCK, J.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**, Champaign, v. 78, n. 12, p. 3086-3095, 2000.
- McDONALD, D.E.; PETHICK, D.W.; MULLAN, B.P.; HAMPSON, D.J. Increasing viscosity of the intestinal contents alters small intestinal structure and intestinal growth, and stimulates proliferation of enterotoxigenic *Escherichia coli* in newly-weaned pigs. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 86, n. 4, p. 487-498, 2001.

- MEDEL, P.; BAUCCELLS, I.; GRACIA, M.I.; de BLAS, C.; MATEOS, G.G. Processing of barley and enzyme supplementation in diets for young pigs. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.95, n. 3-4, p. 113-122, 2002.
- MERKEL, J.A. **Managing livestock wastes**. Connecticut: AVI Publishing, 1981. 419 p.
- MIELE, M.; MACHADO, J.S. **Levantamento sistemático da produção e abate de suínos: 2007 e 2008** – Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2008. 29 p.
- MIRANDA, A. P. **Suínos em diferentes fases de crescimento alimentados com milho ou sorgo: desempenho, digestibilidade e efeitos na biodigestão anaeróbia**. 2009. 147 f. Tese (Doutorado em Produção Animal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2009.
- MOESER, A.J.; KIM, I.B.; van HEUGTEN, E.; KEMPEN, T.A.T.G. The nutritional value of degermed, dehulled corn for pigs and its impact on the gastrointestinal tract and nutrient excretion. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 80, n. 10, p. 2629-2638, 2002.
- MOESER, A.J.; van KEMPEN, T.A.T.G. Dietary fibre level and enzyme inclusion affect nutrient digestibility and excreta characteristics in grower pigs. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 82, n. 14, p. 1606-1613, 2002.
- MONTAGNE, L.; PLUSKE, J.R.; HAMPSON, D.J. A review of interactions between dietary fibre and the intestinal mucosa, and their consequences on digestive health in young non-ruminant animals. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 108, n. 1-4, p. 95-117, 2003.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. NRC. Subcommittee on Swine Nutrition. Committee on Animal Nutrition. **Nutrient requirements of swine**. 10. ed. Washington: National Academy Press, 1998.
- NERY, V.L.U.; LIMA, J.A.F.; MELO, R.C.A.; FIALHO, E.T. Adição de enzimas exógenas para leitões dos 10 aos 30 kg de peso. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 3, p. 794-802, 2000.
- NOBLET, J.; LE GOFF, G. Effect of dietary fibre on the energy value of feeds for pigs. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 90, n. 1-2, p. 35-52, 2001.

NUNES, R.V.; BUTERI, C.B.; NUNES, C.G.V.; ALBINO, L.F.T.; ROSTAGNO, H.S. Fatores antinutricionais dos ingredientes destinados à alimentação animal. In: **SIMPÓSIO SOBRE INGREDIENTES NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL**, 2001, Campinas, SP, **Anais...**,2001. Campinas: CBNA, 2001, p.235-272.

O'CONNELL, J.M.; CALLAN, J.J.; O'DOHERTY, J.V. The effect of dietary crude protein level and exogenous enzyme supplementation on nutrient digestibility, nitrogen excretion, faecal volatile fatty acid concentration and ammonia emissions from pigs. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 127, n. 1-2, p. 73-88, 2006.

OFFICER, D.I. Effect of multi-enzyme supplements on the growth performance of piglets during the pre and post-weaning periods. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 56, n. 1-2, p. 55-65, 1995.

OLIVEIRA, P.A.V. Produção e manejo de dejetos de suínos. In: **REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA**, 38, 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: SBZ, 2001, p. 164-177.

ORTOLANI, A.F.; LUCAS Jr, J.; GALBIATI, J.A.; LOPES, L.R.; ARAÚJO, J.A.C.; BENINCASA, M.; BEDUSCHI, L.C.; COAN, O.; PAVANI, L.C.; MILANI, A.P.; DANIEL, L.A.; LATANZE, R.J. Bateria de minibiodigestores: estudo, projeto, construção e desempenho. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**, 15., 1986, São Paulo. **Anais...** Botucatu: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1986. p. 229-39.

PENZ Jr, A.M.; MEINERZ, C.E.T.; MAGRO, N. Efeito da nutrição na quantidade e na qualidade dos dejetos de suínos. In: **REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA**, 36, 1999, Porto Alegre, **Anais...** Porto Alegre:SBZ, 1999, p. 281-294.

PENZ Jr, A.M. Enzimas em rações de aves e suínos. In: **REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA**, 35, 1998, Botucatu. **Anais...** Botucatu: SBZ, 1998, p. 165-178.

PLUSKE, J.R.; PETHICK, D.W.; MULLAN, B.P. Differential effects of feeding fermentable carbohydrate to growing pigs on performance, gut size and slaughter characteristics. **Animal Science**, Edinburgh, v.67, n. 1, p. 147-156, 1998a.

- PLUSKE, J.R.; DURMIC, Z.; PETHICK, D.W.; MULLAN, B.P.; HAMPSON, D.J. Confirmation of the role of rapidly fermentable carbohydrates in the expression of swine dysentery in pigs after experimental infection. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v.129, n. 10, p. 1737-1744, 1998b.
- PLUSKE, J.R.; MOREL, P.C.H.; JAMES, E.A.C.; JACQUES, K.A. Vegpro increases fecal digestibility coefficients in pigs fed soybean meal and canola meal. In: **ALLTECH ANNUAL SYMPOSIUM**, 14, 1998, Lexington, **Proceedings...** Lexington, 1998c, CD .
- ROPPA, L. Perspectivas da produção mundial de carnes, 2006 a 2030. In: **CONGRESSO LATINO AMERICANO DE SUINOCULTURA**, 3, 2006, Foz do Iguaçu. PR. **Anais...**, 3, 2006, Foz do Iguaçu. 2006.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L.; GOMES, P.C.; OLIVEIRA, R.F.; LOPES, D.C.; FERREIRA, A.S.; BARRETO, S.L.T. **Tabelas brasileiras para aves e suínos – Composição de alimentos e exigências nutricionais**. Viçosa: Imprensa Universitária/UFV, 2005. 141p.
- RUIZ, U.S; THOMAZ, M.C.; HANNAS, M.I.; FRAGA, A.L.; WATANABE, P.H.; SILVA, S.Z. Complexo enzimático para suínos: digestão, metabolismo, desempenho e impacto ambiental. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. 3, p. 458-468, 2008.
- SANTOS, T. M. B. **Balanco energético e adequação do uso de biodigestores em galpões de frangos de corte**. 2001. 167 f. Tese (Doutorado em Produção Animal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2001.
- SCHULZE, H.; van LEEUWEN, P.; VERSTEGEN, M.W.A.; HUISMANT, J.; SOUFFRANT, W.B.; AHRENS, F. Effect of level of dietary neutral detergent fiber on ileal apparent digestibility and ileal nitrogen losses in pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 72, n. 9, p. 2362-2368, 1994.
- SCHULZE, H.; van LEEUWEN, P.; VERSTEGEN, M.W.A.; van den BERG, J.W.O. Dietary level and source of neutral detergent fiber and ileal endogenous nitrogen flow in pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 73, n. 2, p. 441-448, 1995.
- SELLE, P.H.; RAVINDRAN, V. Phytate-degrading enzymes in pig nutrition. **Livestock Science**, Amsterdam, v. 113, n. 2-3, p. 99-122, 2008.

- SHELTON, J.L.; SOUTHERN, L.L.; LeMIEUX, F.M.; BIDNER, T.D. Effect of microbial phytase, low calcium and phosphorus, and removing the trace mineral premix on carcass traits, pork quality, plasma metabolites, and tissue mineral content in growing finishing pigs. **Journal of Animal Science**. Champaign, v.82, n. 9, p.2630–2639, 2004.
- SHIGAKI, F.; SHARPLEY, A.; PROCHNOW, L.I. Animal based agriculture, phosphorus management and water quality in Brazil: options for the future. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.63, p.194-209, 2006.
- SILVA, D.J.; QUEIRÓZ, A.C. **Análise de alimentos, métodos químicos e biológicos**. Viçosa: Editora UFV, 2002. 235 p.
- SOTO-SALANOVA, M. The use of enzymes to improve the nutritional value of corn soy diets for poultry and swine. In: **SIMPÓSIO LATINO - AMERICANO DE NUTRIÇÃO DE SUÍNOS E AVES**, 1996, Campinas, **Anais...** Campinas: CBNA, 1996, p. 1-13.
- SOUFFRANT, W.B. Effect of dietary fibre on ileal digestibility and endogenous nitrogen losses in the pig. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 90, n. 1-2, p. 93-102, 2001.
- SPRING, P. et al. Effect of an enzyme complex targeting soybean meal on nutrient digestibility and growth performance in weaning piglets. In: **ALLTECH 14th ANNUAL SYMPOSIUM**, 1998, Lexington, **Proceedings...** Lexington, 1998, CD .
- TEIXEIRA, A.; LOPES, D.C.; NUNES, P.M.M.; NOGUEIRA, E.T.; FERREIRA, V.P.A.; PINTO, R.; CARNEIRO, A.Q. Níveis de enzimas exógenas em rações para leitões na creche. In: **REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA**, 38, 2001, Piracicaba, **Anais...**, Piracicaba: SBZ, 2001, p. 788-789.
- THACKER, P.A.; BAAS, T.C. Effects of gastric pH on the activity of exogenous pentosanase and the effect of pentosanase supplementation of the diet on the performance of growing-finishing pigs. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 23, n. 1-4, p. 205-225, 1996.
- THORPE, J.; BEAL, J.D. Vegetable proteins meals and the effects of enzymes. In: M.R. BEDFORD; G. G. PARTRIDGE (eds). **Enzymes in Farm Animal Nutrition**, Walingford, CABI Publishing, 2001, p. 125-143.

- VAN KEULEN, J.; YOUNG, B.A. Evaluation of acid-insoluble ash as natural marker in ruminant digestibility studies. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.44, n. 2, p.282-287, 1977.
- VAREL, V.H.; YEN, J.T. Microbial perspective on fiber utilization by swine. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 75, n. 10, p. 2715-2722, 1997.
- VOERMANS, J.A.M.; VERDOES, N.; HARTOG, L.A. Environmental impacts of pig farming. **Pigs News and Information**, Farnham Royal, v. 15, n. 2, p. 51n-54n, 1994.
- WANG, J.F.; JENSEN, B.B.; JORGENSEN, H.; LI, D.F.; LINDBERG, J.E. Ileal and total tract digestibility, and protein and fat balance in pigs fed rice with addition of potato starch, sugar beet pulp or wheat bran. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.102, n. 1-2, p. 125-136, 2002.
- WENK, C. The role of dietary fibre in the digestive physiology of the pig. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 90, n. 1-2, p. 21-33, 2001.
- WILLIAMS, P.E.V. Animal production and European pollution problems. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.53, n. 2, p. 135-144, 1995.
- YIN, Y.L.; McENVOY, J.D.G.; SCHULZE, H.; HENNING, U.; SOUFFRANT, W.B.; McCracken, K.J. Apparent digestibility (ileal and overall) of nutrients losses in growing pigs fed wheat (var, soissons) or its by-products without or with xylanase supplementation. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 62, n. 2, p. 119-132, 2000.
- YIN, Y.L.; McEVOY, J.D.; SCHULZE, H.; McCracken, K.J. Effects of xylanase and antibiotic addition on ileal and faecal apparent digestibilities of dietary nutrients and evaluating HCl-insoluble ash as a dietary marker in growing pigs. **Animal Science**, Edinburgh, v.72, n. 1, p. 95-103, 2001.
- ZHANG, Z.; NYACHOTI, C.M.; ARNTIFIELD, S.; GUENTER, W.; CENKOWSKI, S. Effect of micronization of peas and enzyme supplementation on nutrient excretion and manure volume in growing pigs. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 83, n. 4, p. 749-754, 2003.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)