

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

**FIBRA DIETÉTICA E OLIGOSSACARÍDEOS NA
ALIMENTAÇÃO DE SUÍNOS.**

Everton Daniel

Zoocultivista

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL

Fevereiro de 2010

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

**FIBRA DIETÉTICA E OLIGOSSACARÍDEOS NA
ALIMENTAÇÃO DE SUÍNOS.**

Everton Daniel

Orientadora: Profa. Dra. Maria Cristina Thomaz

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL

Fevereiro de 2010



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CAMPUS DE JABOTICABAL
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS DE JABOTICABAL

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: FIBRA DIETÉTICA E OLIGOSSACARÍDEOS NA ALIMENTAÇÃO DE SUÍNOS.

AUTOR: EVERTON DANIEL

ORIENTADORA: Profa. Dra. MARIA CRISTINA THOMAZ

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE em ZOOTECNIA , pela Comissão Examinadora:


Profa. Dra. MARIA CRISTINA THOMAZ

Departamento de Zootecnia / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal


Profa. Dra. JANE MARIA BERTOCCO EZEQUIEL

Departamento de Zootecnia / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal


Prof. Dr. DIRLEI ANTONIO BERTO

Departamento de Produção Animal / Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia de Botucatu

Data da realização: 24 de fevereiro de 2010.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Everton Daniel – nascido em 22 de agosto de 1983, na cidade de Xanxerê/SC, filho de Leonir Daniel e Neusa Terezinha Casagrande Daniel, ingressou no curso de Zootecnia da Universidade Federal de Santa Maria/UFSM em maio de 2002 e graduou-se em março de 2007. No ano de 2008 iniciou o curso de Mestrado da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias/Unesp – Campus de Jaboticabal, onde foi bolsista pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo/FAPESP, obtendo o título de Mestre em Zootecnia no dia 24 de fevereiro de 2010, e neste mesmo ano deu início às atividades do curso de doutorado na mesma instituição.

Dedico

Aos meus pais, Leonir Daniel e Neusa Terezinha Casagrande Daniel, ao meu irmão Renato Daniel e a minha avó Maria Rosa Rossi Casagrande, pelo apoio e amor incondicional.

Ofereço

À toda minha família, amigos, professores e a todos que fazem parte da minha vida.

AGRADECIMENTOS

À Deus pela vida que tenho, por me abençoar e me dar forças para eu realizar meu trabalho.

À Professora Cristina que me acolheu e me ensina tanto, é um grande exemplo pra mim.

Aos professores que participaram das bancas de qualificação e defesa, Dirlei Antônio Berto, Jane Maria Bertocco Ezequiel e Jorge Lucas Júnior pela colaboração com este trabalho de dissertação.

À Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias/Unesp – Câmpus de Jaboticabal e ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia pela oportunidade de realização do curso.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo-FAPESP pelo auxílio a pesquisa e bolsa de estudos concedidos.

Aos funcionários do Setor de Suinocultura/FCAV-Unesp, Sr. Wilson e José pela ajuda e amizade.

À Ana Paula e Seu Orlando do Laboratório de Nutrição animal/LANA pela colaboração extrema.

Aos membros e grandes amigos do grupo de estudos e pesquisa SUINESP, Urbano, Léo, Pedro, Alessandro, Manu, Fabrício Castolini, Fabrício Faleiros, fundamentais para a realização deste trabalho.

Aos amigos que, de alguma forma me ajudaram nesse período, Ian, Lizi, Andressa, Giovani, Carlinha, Tomaz, Diego, Roberta, Vidal, Maria Fernanda e todos os demais.

À toda minha família, pelo apoio, demonstrações de carinho e orações.

Muito obrigado

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	x
SUMMARY.....	xi
CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	1
INTRODUÇÃO.....	1
REVISÃO DE LITERATURA.....	2
REFERÊNCIAS.....	8
CAPITULO 2 – FIBRA DIETÉTICA E OLIGOSSACARÍDEOS NA ALIMENTAÇÃO DE SUÍNOS SOBRE: DIGESTIBILIDADE, DESEMPENHO, CARACTERÍSTICAS MORFOFISIOLÓGICAS DO TRATO GASTRINTESTINAL, PRODUÇÃO E CARACTERÍSTICAS DAS FEZES E EXCREÇÃO DE MINERAIS.....	15
RESUMO.....	15
SUMMARY.....	17
INTRODUÇÃO.....	19
MATERIAL E MÉTODOS.....	20
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	32
CONCLUSÕES.....	50
REFERÊNCIAS.....	50

FIBRA DIETÉTICA E OLIGOSSACARÍDEOS NA ALIMENTAÇÃO DE SUÍNOS

RESUMO – Com o objetivo de avaliar a fibra dietética e os oligossacarídeos do milho, da polpa cítrica e do farelo de soja na alimentação de suínos, foram realizados dois experimentos. No experimento I foram determinadas as digestibilidades dos nutrientes e da energia das dietas experimentais, utilizando-se o método de coleta total de fezes. No experimento II foram avaliados o desempenho, os pesos dos órgãos gastrintestinais e pancreas, o pH dos conteúdos dos órgãos gastrintestinais, os teores de ácidos graxos de cadeia curta nos conteúdos do intestino delgado, ceco e cólon, a morfologia intestinal, a produção e características das fezes e a excreção de minerais. As dietas experimentais utilizadas em ambos os experimentos foram: MD CPS (controle) – Dieta composta principalmente por milho degerminado e concentrado proteico de soja; MD FS – Dieta composta principalmente por milho degerminado e farelo de soja; MD CPS PC – Dieta composta principalmente por milho degerminado, concentrado proteico de soja e polpa cítrica; MC FS – Dieta composta principalmente por milho comum e farelo de soja e MC CPS – Dieta composta principalmente por milho comum e concentrado proteico de soja. Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados, para controlar diferenças no peso inicial. No experimento I, observou-se maiores coeficientes de digestibilidades para as dietas MD CPS, MD FS e MD CPS PC, que apresentaram teores menores de oligossacarídeos, enquanto no II, verificou-se que as dietas não afetaram o desempenho, a produção de ácidos graxos de cadeia curta, a produção de fezes e o peso dos órgãos gastrintestinais, com exceção do peso relativo do intestino grosso, que foi maior nos animais que receberam a dieta MD CPS PC, porém afetaram o pH dos conteúdos do estômago e do cólon dos animais, as características das fezes e os coeficientes de excreção de minerais.

Palavras-chave: Carboidratos, digestibilidade, leitões, polissacarídeos não amiláceos

DIETARY FIBER AND OLIGOSSACHARIDES IN SWINE FEEDING

SUMMARY – With the aim of evaluate corn, citrus pulp and soybean meal dietary fiber and oligosaccharides in swine feeding two trials were conducted. In the first trial the experimental diets nutrient and energy digestibilities were determined using the total feed and feces collection method. In the second trial the growth performance, the gastrointestinal organs and pancreas weights, the pH of the gastrointestinal organs contents, the short chain fat acids concentrations in the small intestine, cecum and colon contents, the intestinal morphology, the feces production and minerals excretion were determined. The experimental diets in both trials were: DC SPC (control) – Diet composed mainly by degermed corn and soy protein concentrate; DC SBM – Diet composed mainly by degermed corn and soybean meal; DC SPC CP – Diet composed mainly by degermed corn, soybean protein concentrate and citrus pulp; CC SBM – Diet composed mainly by common corn and soybean meal and CC SPC – Diet composed mainly by common corn and soybean protein concentrate. A completely randomized block design was used to control differences in the initial body weight of the animals. In the first trial, it was observed greater digestibilities coefficients for the diets DC SPC (control), DC SBM and DC SPC CP, that presented reduced oligosaccharides levels. In the second trial, it was observed that the diets did not affect the growth performance, the short chain fat acids production, the feces production and the gastrointestinal organ weights, with the exception of the large intestine, which was greater in the animals that were fed with the DC SPC CP diet, although the pH of the contents of the stomach and the colon, the characteristics of feces and the minerals excretion.

Keywords: Carbohydrates, digestibility, non-starch polysaccharides, piglets

CAPITULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

INTRODUÇÃO

O termo “fibra dietética” é recente na nutrição animal e o interesse pelo seu uso na alimentação de suínos vem aumentando nos últimos anos. Devido a inovações metodológicas é possível identificar, com mais acurácia, os efeitos específicos da fibra dietética sobre os processos digestivos (SOUFFRANT, 2001; JOHNSTON et al., 2003).

Certos tipos de carboidratos presentes em ingredientes de origem vegetal, como os oligossacarídeos (OL's) e os componentes da fibra dietética, como os polissacarídeos não amiláceos (PNA's) e a lignina, não são digeridos por não ruminantes e interferem na degradação e absorção dos demais nutrientes da dieta, que poderiam ser aproveitados pelos animais (DIERICK e DECUYPERE, 1994; BACK KNUDSEN, 2001; WANG et al., 2002).

A magnitude e as maneiras pelas quais a fibra dietética interfere nas digestibilidades dos nutrientes e da energia de dietas para suínos, dependem da origem botânica dos PNA's que a compõem, da solubilidade destes polissacarídeos, de suas propriedades físico-químicas, da concentração na dieta, da espécie e idade animal (VERVAEKE et al., 1989; BACK KNUDSEN, 1997 e 2001; SOUFFRANT, 2001; WENK, 2001; MONTAGNE et al., 2003).

Os OL's, como estaquiose e rafinose, estão presentes principalmente em sementes de leguminosas como a soja e são resistentes ao tratamento térmico a que normalmente este cereal é submetido (GRIESHOP et al., 2003). Causam efeitos nocivos à digestão e absorção de nutrientes em animais não ruminantes, sendo então degradados no intestino grosso por ação microbiana (DIERICK e DECUYPERE, 1994).

Trabalhos demonstraram que os componentes da fibra dietética e os oligossacarídeos, naturalmente presentes em ingredientes de origem vegetal, podem afetar as digestibilidades dos nutrientes e da energia de dietas para suínos, e também a forma de excreção do nitrogênio. Tais fatos podem acarretar em menor eficácia no

aproveitamento dos nutrientes da dieta, maior excreção de compostos não digeridos e também endógenos e por consequência, acentuar o potencial poluidor dos dejetos.

Desta maneira, objetivou-se avaliar os efeitos da fibra dietética e dos oligossacarídeos do milho, da polpa cítrica do farelo de soja sobre as digestibilidades dos nutrientes e da energia, o desempenho, a morfofisiologia do trato gastrointestinal, a produção de fezes e a excreção de minerais pelos suínos.

REVISÃO DE LITERATURA

Fibra dietética e oligossacarídeos na alimentação de suínos

Os carboidratos são os principais componentes de dietas para animais e contribuem com 70% da matéria seca dessas dietas. Podem ser divididos em dois grupos: carboidratos não-estruturais, incluindo o amido, açúcares de baixo peso molecular e os oligossacarídeos e carboidratos estruturais, incluindo os PNA's e a lignina (BACK KNUDSEN et al., 1987)

A fibra dietética é encontrada principalmente na parede celular das plantas e é formada principalmente por PNA's e lignina, podendo também, estar associada a pequenas quantidades de proteína, ácidos graxos, ceras, entre outros (McDOUGALL et al., 1996).

Hipsley, em 1953, foi o primeiro pesquisador a utilizar o termo "fibra dietética", levando em consideração os constituintes não digeridos das dietas (BACK KNUDSEN et al., 2001). Desde então, várias foram as tentativas de padronizar o significado do termo. De acordo com a definição fisiológica, fibra dietética significa "componentes dietéticos resistentes à digestão por enzimas secretadas por mamíferos" (BACK KNUDSEN et al., 1987), porém, de acordo com a definição química (THEANDER et al., 1994) fibra dietética é a "soma dos polissacarídeos não-amiláceos e lignina".

Os teores de PNA's encontrados em cereais dependem de fatores como a espécie vegetal, o tipo do tecido na planta e também do estágio de maturação em que se encontra. As β -glucanas, arabinoxilanas e celulose são os principais componentes

da fibra dietética presentes em cereais (ENGLYST, 1989). 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 arabinosilanas, celulose e lignina, enquanto na camada de aleurona e subaleurona se encontram as β -glucanas e arabinosilanas, tanto solúveis como insolúveis (BACK KNUDSEN, 1997).

A presença de PNA's solúveis na dieta pode aumentar a viscosidade do quimo, levando à queda da taxa de difusão de partículas na digesta, diminuindo o contato enzimas-substrato (CAMPBELL e BEDFORD, 1992). Desta forma, a digestibilidade dos nutrientes é prejudicada, a absorção diminuída e o tempo de retenção da digesta no trato gastrointestinal aumentado.

De maneira contrária, atribui-se efeito positivo à ingestão de PNA's solúveis por suínos, em função de uma modificação na forma de excreção do nitrogênio. Alguns trabalhos demonstraram que o consumo de PNA's solúveis por suínos não afetou a excreção total de nitrogênio, porém aumentou a proporção excretada nas fezes e diminuiu na urina na forma de uréia (ZERVAS e ZIJLSTRA, 2002; SHRIVER et al., 2003), o que possivelmente, poderia reduzir a emissão de amônia pelos dejetos destes animais, pois a microbiota do intestino grosso utiliza a fibra como fonte de energia e o nitrogênio da amônia para síntese de proteína microbiana, sendo que o de origem microbiana é menos suscetível à rápida decomposição em comparação ao urinário, facilmente convertido em amônia e dióxido de carbono (MROZ et al., 2000).

Os PNA's insolúveis podem irritar a mucosa intestinal por abrasão mecânica, levando à perda de células epiteliais e também aumentando a produção de secreções gástricas, biliares, pancreáticas, de muco e água (VAREL e YEN, 1997). Em função de suas características físico-químicas, estes PNA's promovem diminuição no tempo de retenção da digesta e adsorção de nutrientes. Assim, ocorrem diminuições no aproveitamento dos nutrientes dietéticos (MONTAGNE et al., 2003).

As propriedades físico-químicas dos PNA's estão ligadas diretamente à sua natureza e interferem nos processos de digestão dos mesmos, o que foi demonstrado por GLITSO et al. (1998) quando verificaram efeitos distintos no processo digestivo de

suínos em crescimento, provocados por dietas contendo diferentes porções do centeio, com polissacarídeos estruturalmente diferentes. Os autores forneceram aos animais, dietas contendo 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 a dieta contendo o endosperma, apresentaram melhores digestibilidades da fração proteica e da matéria seca do que os demais. As dietas com pericarpo/testa levaram ao menor tempo de retenção no trato gastrointestinal e as com a camada de aleurona determinaram o menor valor de pH no intestino grosso, demonstrando a elevada ocorrência de processos fermentativos neste compartimento do intestino.

PLUSKE et al. (2003) avaliando diferentes fontes de fibra para leitões recém desmamados, verificaram que os animais alimentados com uma dieta baseada em arroz cozido e suplementada com proteína animal, contendo baixos teores de fibra, apresentaram maior consumo de ração comparado aos que receberam dietas contendo fontes de fibra como o milho, lupim (fonte de fibra isolada), ou a combinação dos dois últimos, além de apresentarem diminuição nos processos fermentativos, o que foi evidenciado pela baixa produção de ácidos graxos de cadeia curta no ceco e cólon e menores pesos desses segmentos.

A fermentação da fibra dietética por microrganismos do intestino grosso de suínos resulta na produção de ácidos graxos de cadeia curta (BACK KNUDSEN e JORGENSEN, 2001), que são absorvidos neste segmento e podem suprir de 24 a 30% da exigência energética de manutenção de suínos em crescimento (Yen et al., 1991, citados por JOHNSTON et al., 2003). Porém, a alimentação de suínos com dietas contendo altos teores de fibra promove aumento de aproximadamente 15% em sua exigência nutricional para manutenção devido a perdas endógenas e aumento das secreções gástricas, biliares e pancreáticas (YEN et al., 2001).

Os OL's fazem parte dos carboidratos não-estruturais, sendo formados por 2 a 10 unidades de monossacarídeos, são solúveis em água e encontrados principalmente em sementes de cereais (FENNEMA, 1993). OL's como sacarose, maltose e lactose são hidrolizados por enzimas específicas e absorvidos na forma de monossacarídeos no intestino delgado de suínos. Porém, aqueles como rafinose e estaquiose não são

digeridos e absorvidos por monogástricos, pois são formados por ligações α 1,6 e necessitam da enzima α -galactosidase, não produzida pelos suínos (KARR-LILIENHAL et al., 2005). Desta forma, esses OL's atravessam o intestino delgado praticamente intactos, e são fermentados no ceco e cólon por microrganismos capazes de sintetizar a enzima α -galactosidase (LEBLANC et al., 2004; DONKOR et al., 2007).

Aos OL's são atribuídos efeitos como aumento da viscosidade da digesta, incidência de diarreia e flatulência (KARR-LILIENHAL et al., 2005; BRASIL et al., 2009), além de danos à parede intestinal. Estas ações possivelmente conduziriam a reduções nas digestibilidades da proteína, matéria seca (Veldman et al., 1993 citados por SMIRICKY et al., 2002) e energia das dietas (COON et al., 1988).

SMIRICKY-TJARDES et al. (2003) demonstraram que para suínos, a adição de 3,5% de OL's às dietas purificadas contendo caseína como fonte de proteína, levou à redução de 3,8 e 3,5 pontos percentuais nas digestibilidades ileais da matéria seca e do nitrogênio, respectivamente. Esses autores também verificaram digestibilidades ileais menores em comparação às totais (31 vs 65%) e (76 vs 88%) para rafinose e estaquiose, respectivamente. PARSONS et al. (2000) observaram digestibilidades da estaquiose e rafinose de 48 e 25%, respectivamente, em frangos cecotomizados, e de 79 e 74%, consideravelmente maiores, em frangos não-cecotomizados, indicando que boa parte dos OL's são degradados no intestino grosso por ação microbiana.

A fermentação dos OL's e dos PNA's no intestino pelos microrganismos resulta na produção de ácidos graxos de cadeia curta, principalmente acético, propiônico e butírico (KARR-LILIENHAL et al., 2005), sendo que alguns gases (CO_2 , H_2 , CH_4) também são produtos dessa fermentação. Fatores como o tipo e concentração dos carboidratos ingeridos, tempo de retenção da digesta e atividade microbiana no trato gastrintestinal podem interferir nessa produção (WANG et al., 2004).

Individualmente os ácidos graxos de cadeia curta são utilizados de diferentes formas pelo organismo. O acetato é carregado para o fígado e atua como fonte de energia para os músculos, o propionato é convertido em glicose no fígado e também é fonte de energia, e dentre eles, o butirato é a maior fonte de energia para atividades metabólicas e estimula o desenvolvimento das células epiteliais do intestino delgado e

grosso (Roediger, 1982, citado por MONTAGNE et al., 2003). Os ácidos graxos de cadeia curta são capazes de estimular a reabsorção de água e sódio no intestino grosso, além de inibirem o crescimento de algumas bactérias patogênicas como as *Salmonellas* e *Escherichia coli* (MAY et al., 1994).

O milho contém entre 9 e 10,3% de PNA's totais (DIERICK e DECUYPERE, 1994), principalmente arabinoxilanas 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 grão e contribui com 16% da porção fibrosa (Watson, 1987 citado por MOESER et al., 2002).

MOESER et al. (2002) avaliaram o valor nutritivo e os potenciais benefícios ambientais do fornecimento de milho degerminado e sem casca em comparação ao milho comum para suínos. Para animais com aproximadamente 27 kg de peso, o uso do milho degerminado e sem casca proporcionou digestibilidades aparentes da matéria seca, energia bruta e nitrogênio, superiores às do milho comum (96,2 vs 89%, 96 vs 89% e 93,6 vs 78,4%, respectivamente) e também reduções de 67 e 29% nas excreções de matéria seca e nitrogênio, respectivamente. Com leitões dos 6 aos 25 kg de peso, constatou-se melhoria de 4% na eficiência alimentar dos animais que receberam ração contendo o milho degerminado e sem casca e maior largura de vilosidades para aqueles que consumiram dieta com milho comum.

Embora o farelo de soja seja o principal ingrediente proteico utilizado em rações de suínos, os carboidratos compõem 40% do seu peso seco. A metade destes carboidratos é não-estrutural, incluindo açúcares de baixo peso molecular, OL's e pequenas quantidades de amido, ao passo que o restante é composto por 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 monogástricos, enquanto que os OL's não o são. Estes representam de 5 a 7% do peso seco do farelo de soja e são fermentados por microrganismos do intestino grosso (DIERICK e DECUYPERE, 1994; KARR-LILIENTHAL et al., 2005).

O farelo de soja possui alto teor de proteína bruta e sua composição em aminoácidos é de alta qualidade (SMIRICKY, et al., 2002). Porém sua utilização na alimentação animal requer alguns cuidados, sobretudo, com os fatores anti-nutricionais encontrados nesse produto, como os oligossacarídeos, rafinose e estaquiase, que não são eliminados durante seu processamento.

Isto foi evidenciado por BAKER e STEIN (2009), quando compararam o farelo de soja convencional com um farelo de soja com baixos teores de OL's. Embora os autores não tenham verificado diferença para a digestibilidade da proteína bruta, constataram que as digestibilidades dos aminoácidos essenciais foram maiores para a dieta contendo farelo de soja com baixos teores de OL's em relação àquela com farelo de soja convencional.

O concentrado proteico de soja (CPS) é obtido por meio da remoção da casca, óleo e OL's do grão da soja (BELLAYER, 1999). O mesmo autor atribuiu o melhor desempenho dos animais alimentados com CPS em relação ao farelo de soja, à redução nos teores de oligossacarídeos como rafinose e estaquiase. Foi observado por LI et al. (1991), que leitões desmamados aos 21 dias de idade e alimentados com rações contendo 24% de CPS, tiveram vilosidades mais longas, com maiores áreas e perímetros que as dos animais alimentados com ração contendo farelo de soja.

A polpa cítrica é o resíduo do processamento da laranja e de outros citrus para a obtenção de suco. O esmagamento da laranja gera cerca de 50% de polpa cítrica (ABECITRUS, 2005), constituída principalmente pela polpa, mas também contém casca, bagaço e sementes. Considerada rica em PNA's solúveis, apresenta 329g de fibra solúvel por quilograma de matéria seca (BAMPIDIS e ROBINSON, 2006), é um ingrediente de alta fermentabilidade e de considerável degradação no trato digestório de suínos (KREUSER et al., 2002), o que foi evidenciado por PASCOAL (2009) quando avaliou diferentes fontes de fibra para leitões recém-desmamados. O autor verificou que entre as fontes de fibra estudadas (casca de soja, celulose purificada e polpa cítrica), a polpa cítrica proporcionou maiores pesos do cólon e maior produção de ácido acético no ceco dos animais alimentados com dietas contendo este ingrediente.

Poucos estudos foram realizados para avaliar ingredientes de médio teor de fibra dietética, porém altamente empregados na alimentação de suínos no Brasil, como o milho e o farelo de soja, ou ingredientes ricos em fibra solúvel, como a polpa cítrica. Assim, o estudo da porção fibrosa e dos oligossacarídeos presentes nestes ingredientes e de seus efeitos sobre o trato gastrointestinal, digestão e metabolismo de nutrientes em suínos, visando identificar fatores que prejudiquem seu aproveitamento pelos animais e que possam interferir na excreção de nitrogênio, é de suma importância. A descoberta e o entendimento aprofundado destes mecanismos são ferramentas de grande relevância para implementação de medidas visando maximizar a produtividade, diminuir os custos e o potencial de impacto ambiental da produção de suínos.

REFERÊNCIAS

ABECITRUS. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EXPORTADORES DE CÍTRICOS. A história da laranja. 2005. Disponível em: <www.abecitrus.com.br>. Acesso em: 11 jan. 2009.

BACK KNUDSEN, K. E.; AMAN, P.; EGGUM, B. O. Nutritive value of Danish-grown barley varieties: I. Carbohydrates and other major constituents. **Journal of Cereal Science**, Amsterdam, v. 6, p. 173-186, 1987.

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

BACH KNUDSEN, K. E. The nutritional significance of “dietary fibre” analyses. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 90, p. 3-20, 2001.

BACH KNUDSEN, K. E.; JORGENSEN, H. Intestinal degradation of dietary carbohydrates. In: Lindberg, J. E.; Ogle, B. (eds). **Digestive Physiology of Pigs**, Wallingford, 2001, p. 109-120.

BAKER, K. M.; STEIN, H. H. Amino acid digestibility and concentration of digestible and metabolizable energy in soybean meal produced from conventional, high-protein, or low-oligosaccharide varieties of soybeans and fed to growing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 87, p. 2282-2290, 2009.

BAMPIDIS, V. A.; ROBINSON, P. H. Citrus by-products as ruminant feeds: A review. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 128, p. 175-217, 2006.

BELLAVER, C. Processamento da soja e suas implicações na alimentação de suínos e aves. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 1999, Londrina. **Anais...** Londrina: Embrapa Soja, p. 183-199, 1999.

BRASIL, A. P. R.; REZENDE, S. T.; PELÚZIO, M. C. G.; GUIMARÃES, V. M. Removal of oligosaccharides in soybean flour and nutritional effects in rats. **Food Chemistry**, Amsterdam, v. 118, p. 251-255, 2009.

CAMPBELL, G. L.; BEDFORD, M. R. Enzyme applications for monogastric feeds: a review. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 72, p. 449-466, 1992.

COON, C., AKAVANICHAN, O., CHENG, T. The effect of oligosaccharides on the nutritive value of soybean meal. In: Soybean Utilization Alternatives, **Symposium...** University of Minnesota, St. Paul, 1988, p. 203-211.

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

DONKOR, O. N.; HENRIKSSON, A.; VASILJEVIC, T.; SHAH, N. P. Galactosidase and proteolytic activities of selected probiotic and dairy cultures in fermented soymilk. **Food Chemistry**, Amsterdam, v. 104, p. 10-20, 2007.

ENGLYST, H. Classification and measurement of plant polysaccharides. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 23, p. 27-42, 1989.

FENNEMA, O. R. Química de los alimentos. Editorial Acribia, S.A, Zaragoza, 2. ed., 1993, 1095p.

GLITSO, L. V.; BRUNSGAARD, G.; HOJSGAARD, S.; SANDSTRO, B.; BACH KNUDSEN, K. E. Intestinal degradation in pigs of rye dietary fibre with different structural characteristics. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 80, p. 457-468, 1998.

GRIESHOP, C. M.; KADZERE, C. T.; CLAPPER, G. M.; FLICKINGER, E. A.; BAUER, L. L.; FRAZIER, R. L.; FAHEY JR, G. C. Chemical and nutritional characteristics of United States soybeans and soybean meals. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 51, p. 7684-7691, 2003.

JOHNSTON, L. J.; NOLL, S.; RENTERIA, A.; SHURSON, J. Feeding by-products high in concentration of fiber to nonruminants. Third National on Alternative Feeds for Livestock and Poultry, **Symposium...**Kansas City, November, 2003. Não paginado.

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, p. 1-12, 2005.

KREUSER, M.; HANNEKEN, H.; WITTMANN, M.; GERDEMANN, M. M.; MACHMULLER, A. Effects of different fibre sources and fat addition on cholesterol and cholesterol-related lipids in blood serum, bile and body tissues of growing pigs. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, Muecheen, v. 86, p. 57-73, 2002.

LEBLANC, J. G.; GARRO, M. S.; SILVESTRONI, A.; CONNES, C.; PIARD, J. C.; SESMA, F. Reduction of a-galactooligosaccharides in soyamilk by *Lactobacillus fermentum* CRL 722: In vitro and in vivo evaluation of fermented soyamilk. **Journal of Applied Microbiology**, Hoboken, v. 97, p. 876-881, 2004.

LI, D. F.; NELSEN, J. L.; REDDY, P. G.; BLECHA, F.; KLEMM, R. D.; GIESTING, D. W.; HANCOCK, J. D.; ALLEE, G. L.; GOODBAND, R. D. Measuring suitability of soybean products for early-weaned pigs with immunological criteria. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 69, p. 3299-3307, 1991.

MAY, T.; MACKIE, R. I.; FAHEY, G. C. Effect of fiber source on short-chain fatty acid production and on the growth and toxin production by *Clostridium difficile*. **Scandinava Journal Gastroenterology**, Scandinava, v. 29, p. 916-922, 1994.

McDOUGALL, G. L.; MORRISON, I. M.; STEWART, D.; HILLMAN, J. R. Plant cell walls as dietary fibre: range, structure, processing and function. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Amsterdam, v. 70, p. 133-150, 1996.

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, p. 2629-2638, 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, p. 95-117, 2003.

MROZ, Z.; MOESER, A. J.; VREMAN, K.; VAN DIEPEN, J. T. M.; VAN KEMPEN, T.; CANH, T. T.; JONGBLOED, A. W. Effects of dietary carbohydrates and buffering capacity on nutrient digestibility and manure characteristics in finishing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 78, p. 3096-3106, 2000.

PARSONS, C. M.; ZHANG, Y.; ARABA, M. Nutritional evaluation of soybean meals varying in oligosaccharide content. **World's Poultry Science Journal**, Verona v. 79, p. 1127-1131, 2000.

PASCOAL, L. A. F. **Fontes de fibra para leitões recém desmamados** 2009, 89p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2009.

PLUSKE, J. R.; BLACK, B.; PETHICK, D. W.; MULLAN, B. P.; HAMPSON, D. J. Effects of different sources and levels of dietary fibre in diets on performance, digesta characteristics and antibiotic treatment of pigs after weaning. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 107, p. 129-142, 2003.

SHRIVER, J. A.; CARTER, S. D.; SUTTON, A. L.; RICHERT, B. T.; SENNE, B. W.; PETTY, L. A. Effects of adding fiber sources to reduced-crude protein, amino acid-supplemented diets on nitrogen excretion, growth performance, and carcass traits of finishing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 81, p. 492-502, 2003.

SMIRICKY, M. R.; GRIESHOP, C. M.; ALBIN, D. M.; WUBBEN, J. E.; GABERT, V. M.; FAHEY JR, G. C. The influence of soy oligosaccharides on apparent and true ileal amino acid digestibilities and fecal consistency in growing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 80, p. 2433-2441, 2002.

SMIRICKY-TJARDES, M. R.; GRIESHOP, C. M.; FLICKINGER, E. A.; BAUER, L. L. Dietary galactoligosaccharides affect ileal and total-tract nutrient digestibility, ileal and fecal bacterial concentrations, and ileal fermentative characteristics of growing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 81, p. 2535-2545, 2003.

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, p. 93-102, 2001.

THEANDER, O.; AMAN, P.; WESTERBLUND, E.; GRAHAM, H. Enzymatic/chemical analysis of dietary fiber. **Journal of Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 77, p. 703-709, 1994.

VAREL, V. H.; YEN, J. T. Microbial perspective on fiber utilization by swine. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 75, p. 2715-2722, 1997.

VERVAEKE, I. J.; DIERICK, N. A.; DEMEYER, D. I.; 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, p. 169-194, 1989.

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, p. 125-136, 2002.

WANG, J. F.; Zhu, Y. H.; Li, D. F.; WANG, Z.; JENSEN, B. B. In vitro fermentation of various fiber and starch sources by pig fecal inocula. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 82, p. 2615-2622, 2004.

WENK, C. The role of dietary fibre in the digestive physiology of the pig. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 90, p. 21-33, 2001.

YEN, J. T. Anatomy of the digestive system and nutritional physiology. In: **Swine Nutrition**. CRC Press, Boca Raton, 2 ed., 2001, p. 31.

ZERVAS, S.; ZIJLSTRA, R. T. Effects of dietary protein and fermentable fiber on nitrogen excretion patterns and plasma urea in grower pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 80, p. 3247-3256, 2002.

CAPÍTULO 2 – FIBRA DIETÉTICA E OLIGOSSACARÍDEOS NA ALIMENTAÇÃO DE SUÍNOS SOBRE: DIGESTIBILIDADE, DESEMPENHO, CARACTERÍSTICAS MORFOFISIOLÓGICAS DO TRATO GASTRINTESTINAL, PRODUÇÃO E CARACTERÍSTICAS DAS FEZES E EXCREÇÃO DE MINERAIS

RESUMO – Objetivou-se avaliar a fibra dietética e os oligossacarídeos do milho, polpa cítrica do farelo de soja na alimentação de suínos. Foram conduzidos dois experimentos, utilizando 5 tratamentos (dietas experimentais): MD CPS (controle) – Dieta composta principalmente por milho degerminado e concentrado proteico de soja; MD FS – Dieta composta principalmente por milho degerminado e farelo de soja; MD CPS PC – Dieta composta principalmente por milho degerminado, concentrado proteico de soja e polpa cítrica; MC FS – Dieta composta principalmente por milho comum e farelo de soja e MC CPS – Dieta composta principalmente por milho comum e concentrado proteico de soja. No Experimento I foram avaliadas as digestibilidades totais aparentes dos nutrientes e da energia das dietas experimentais, para 30 suínos machos castrados, com $29,52 \pm 2,35$ kg de peso vivo, pelo método da coleta total de fezes. Os animais foram distribuídos no delineamento em blocos casualizados, com 6 repetições e 1 animal por unidade experimental. No Experimento II foram utilizados 60 suínos distribuídos no delineamento em blocos casualizados, com 5 tratamentos e 12 repetições na fase I (dos $17,28 \pm 1,57$ aos $29,92 \pm 4,13$ kg) e seis na II (dos $29,92 \pm 4,13$ aos $48,37 \pm 6,56$ kg) para as avaliações de desempenho. A produção e características das fezes e excreção de minerais teve seis repetições em ambas as fases. Ao final de cada fase, seis animais de cada tratamento foram abatidos para as avaliações dos pesos absolutos e relativos dos órgãos gastrintestinais e pâncreas, pH dos conteúdos do estômago, intestino delgado, ceco e cólon, produção de ácidos graxos de cadeia curta e morfologia intestinal. No experimento I os maiores coeficientes de digestibilidade dos nutrientes e da energia e o de metabolizabilidade da energia foram observados para as dietas MC CPS (controle), MD FS e MD CPS PC, que continham teores de oligossacarídeos de 1,75, 2,99 e 2,14%, respectivamente, em relação aos teores de 5,67 e 4,93% das dietas MC FS e MC CPS. No experimento II,

verificou-se que as dietas não afetaram a maioria das variáveis estudadas, com exceção das características das fezes e coeficientes de excreção de minerais e o peso do intestino grosso, que foi maior nos animais que receberam a dieta MD CPS PC e o pH dos conteúdos do estômago e do cólon, quando os animais foram abatidos aos $48,37 \pm 6,56$.

Palavras-chave: carboidratos, ganho de peso, morfologia intestinal, potencial poluidor

CHAPTER 2 – DIETARY FIBER AND OLIGOSSACHARIDES IN SWINE FEEDING OVER: DIGESTIBILITY, GROWTH PERFORMANCE, GASTROINTESTINAL MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS, FECES PRODUCTION AND MINERALS EXCRETION

SUMMARY – The objectives of this Project were evaluated corn, citrus pulp and soybean meal dietary fiber and oligosaccharides in swine feeding. Two trials were conducted, using 5 experimental diets: DC SPC (control) – Diet composed mainly by degermed corn and soy protein concentrate; DC SBM – Diet composed mainly by degermed corn and soybean meal; DC SPC CP – Diet composed mainly by degermed corn, soybean protein concentrate and citrus pulp; CC SBM – Diet composed mainly by common corn and soybean meal and CC SPC – Diet composed mainly by common corn and soybean protein concentrate. In the first Trial the experimental diets nutrient and energy apparent digestibilities were evaluated, for 30 barrows, with 29.52 ± 2.35 kg live weight, by the total feed and feces collection method. The animals were assigned in a completely randomized block design, with 6 replications and 1 animal per experimental unit. In the second trial 60 barrows were distribute in a completely randomized block design, with 5 treatments and 12 replications in phase I (from 17.28 ± 1.57 to 29.92 ± 4.13 kg) and six in phase II (from 29.92 ± 4.13 kg to 48.37 ± 6.56 kg) for the growth performance, feces production and minerals excretions evaluations. At the end of phases I and II, six animals of each treatment were killed and the gastrointestinal organ and pancreas weights, the pH of the gastrointestinal organs contents, the short chain fat acids concentrations in the small intestine, cecum and colon contents and the intestinal morphology were evaluated According to the results, in the first trial greater digestibilities coefficients of nutrients and energy and energy metabolizability were observed for diets DC SPC (control), DC SBM and DC SPC CP, that presented reduced oligosaccharides levels. In the second trial, it was observed that the diets did not affect most of the variables studied, with the exception of the feces characteristics, coefficients of excretion of minerals and the weight of the large intestine, which was greater in the animals that

were fed with the DC SPC CP diet, although the pH of the contents of the stomach and the colon were affected, when the animals were killed with 48.37 ± 6.56 kg.

Keywords: carbohydrates, intestinal morphology, potential pollutant, weight gain

INTRODUÇÃO

A nutrição animal possui papel relevante nos sistemas de produção de suínos, pois visa melhorar o aproveitamento dos alimentos pelos animais, gerando menor excreção de nutrientes (MARCATO e LIMA, 2005), que podem ser fontes de poluição ambiental. Fatores que podem afetar a composição e o volume de dejetos produzidos são a digestibilidade dos nutrientes da dieta (PENZ JR. et al., 1999) e as interações dos componentes das rações entre si e com o trato gastrointestinal dos animais.

Alguns carboidratos presentes em ingredientes de origem vegetal, como a fibra dietética e os oligossacarídeos possuem algumas propriedades físico-químicas que podem interferir no processo de digestão e absorção dos alimentos pelos suínos (BACK KNUDSEN, 2001; BRASIL et al., 2009). A fibra dietética é constituída principalmente por polissacarídeos não-amiláceos (PNA's) e lignina, sendo que os PNA's podem ser divididos em solúveis e insolúveis (MONTAGNE et al., 2003).

A ingestão de PNA's insolúveis por suínos provoca aumento da taxa de passagem da digesta, danos à parede do intestino, além de diminuir a colonização do intestino grosso por microrganismos, prejudicando a digestão e absorção dos nutrientes (OWUSU-ASIEDU et al., 2006).

Porém, os PNA's solúveis aumentam a viscosidade do quimo, diminuindo a interação entre enzimas e substrato, o que prejudica a digestibilidade e absorção dos nutrientes. Porém, dietas contendo estes PNA's diminuem a taxa de passagem, favorecendo a ação dos microrganismos no intestino grosso, que através da fermentação produzem ácidos graxos de cadeia curta que são absorvidos e metabolizados pelos suínos (ANGUITA et al., 2006).

Os OL's são formados por ligações α -1,6, sendo necessária a enzima α -galactosidase para sua hidrólise, a qual não é sintetizada pelos mamíferos (KARR-LILIENTHAL et al., 2005), sendo estes nutrientes passíveis de fermentação no intestino grosso pela ação de microrganismos.

Desta maneira, objetivou-se com este trabalho avaliar os efeitos da fibra dietética e dos oligossacarídeos do milho, da polpa cítrica e do farelo de soja sobre as

digestibilidades dos nutrientes e da energia, o desempenho, os pesos dos órgãos gastrintestinais e pâncreas, o pH dos conteúdos do estômago, intestino delgado, ceco e cólon, os teores de ácidos graxos de cadeia curta nos conteúdos do intestino delgado, ceco e cólon, a morfologia intestinal, a produção e características das fezes e a excreção de minerais.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados dois experimentos no Setor de Suinocultura do Departamento de Zootecnia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias-Unesp, Câmpus de Jaboticabal, sendo o primeiro para determinar os coeficientes de digestibilidade dos nutrientes e da energia e o de metabolizabilidade da energia das dietas, e o segundo para avaliar o desempenho, o peso dos órgãos gastrintestinais e pâncreas, o pH dos conteúdos do estômago, intestino delgado, ceco e cólon, os teores de ácidos graxos de cadeia curta nos conteúdos do intestino delgado, ceco e cólon, a morfologia intestinal, a produção e características das fezes e a excreção de minerais.

Avaliação biológica das dietas experimentais – Experimento I

Neste experimento, foram utilizados 30 leitões machos castrados, da linha genética Topigs, com peso inicial de $29,52 \pm 2,35$ kg, os quais foram alojados em gaiolas para estudos metabólicos. Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados, para controlar as diferenças no peso inicial, com cinco tratamentos e seis repetições, sendo a unidade experimental constituída por um animal.

As dietas experimentais foram: MD CPS (controle) – Dieta composta principalmente por milho degerminado e concentrado proteico de soja; MD FS – Dieta composta principalmente por milho degerminado e farelo de soja; MD CPS PC – Dieta composta principalmente por milho degerminado, concentrado proteico de soja e polpa cítrica; MC FS – Dieta composta principalmente por milho comum e farelo de soja e MC CPS – Dieta composta principalmente por milho comum e concentrado proteico de soja.

Para formulação das dietas experimentais, foram utilizados os valores nutricionais do milho degerminado segundo MOESER et al. (2002) e para os demais ingredientes os preconizados por ROSTAGNO et al. (2005). As dietas foram formuladas de acordo com as recomendações de ROSTAGNO et al. (2005) para animais com 30 kg de peso e de alto potencial genético, contendo os mesmos teores de energia, proteína e aminoácidos digestíveis. A composição química, determinada por meio de análises laboratoriais, dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Composição química, determinada por meio de análises laboratoriais, dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais (valores com base na matéria natural).

Nutrientes e energia ¹	Milho comum	Milho degerminado	Farelo de soja	Concentrado proteico de soja	Polpa cítrica
MS, %	87,01	88,30	89,60	90,44	86,38
MO, %	85,52	87,70	83,86	83,99	81,41
PB, %	8,93	7,53	43,96	55,38	6,08
FDN, %	12,16	6,45	13,01	12,71	19,63
FDA, %	2,97	0,81	6,71	6,39	15,43
FDT, %	13,10	8,22	35,60	36,27	38,42
FDI, %	12,13	7,43	31,91	33,53	7,33
FDS, %	0,97	0,79	3,69	2,74	31,09
Estaquiose, %	-	-	6,43	4,61	3,07
Rafinose, %	4,40	-	4,13	3,60	-
Estaquiose + rafinose, %	4,40	-	10,56	8,21	3,07

¹MS – matéria seca; MO – matéria orgânica; PB – proteína bruta; FDN – fibra em detergente neutro; FDA – fibra em detergente ácido; FDT – fibra dietética total; FDI – fibra dietética insolúvel; FDS – fibra dietética solúvel; EM – energia metabolizável.

As composições centesimal, química e energética das dietas experimentais, estão apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2. Composições centesimal, química e energética das dietas experimentais utilizadas no experimento I.

Ingredientes	Dietas experimentais				
	MD CPS (cotrole)	MD FS	MD CPS PC	MC FS	MC CPS
Milho comum	-	-	-	67,88	78,88
Milho degerminado	72,33	67,45	61,72	-	-
Farelo de soja	-	29,44	-	26,28	-
Concentrado proteico de soja	20,90	-	20,08	-	17,56
Polpa cítrica	-	-	13,00	-	-
Óleo de soja	-	-	-	2,30	0,29
Fosfato bicálcico	1,49	1,42	1,47	1,23	1,26
Calcário calcítico	0,51	0,43	-	0,58	0,67
Sal comum	0,43	0,40	0,41	0,36	0,37
L-Lisina.HCl, 78%	0,23	0,29	0,26	0,32	0,30
DL-Metionina, 99%	0,06	0,05	0,07	0,04	0,04
L-Treonina, 98%	0,15	0,14	0,15	0,10	0,11
L-Triptofano, 98%	0,01	-	0,01	-	0,02
Antioxidante	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Suplemento mineral ¹	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Suplemento vitamínico ²	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Caulim	3,42	-	2,38	-	-
Total	100	100	100	100	100
Valores calculados					
Energia metabolizável, kcal/kg	3300	3300	3300	3300	3300
Proteína bruta ³ , %	18,71	18,48	18,37	18,30	18,12
Cálcio, %	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63
Fósforo disponível, %	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
Fibra em detergente neutro ³ , %	8,28	9,32	10,34	13,29	13,41
Fibra em detergente ácido ³ , %	2,18	2,88	4,32	4,31	3,93
Fibra dietética total ³ , %	13,28	15,70	17,10	18,18	16,60
Fibra dietética insolúvel ³ , %	12,15	14,12	12,00	16,57	15,36
Fibra dietética solúvel ³ , %	1,13	1,59	5,11	1,62	1,23
Estaquiose ³ , %	0,98	1,80	1,42	1,61	0,83
Rafinose ³ , %	0,75	1,19	0,72	4,06	4,10
Estaquiose + rafinose ³ , %	1,73	2,99	2,14	5,67	4,93
Lisina digestível, %	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03
Metionina digestível, %	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31
Treonina digestível, %	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67
Triptofano digestível, %	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19

¹MC MIX Mineral Suínos® - Níveis de garantia por kg de ração: Iodo – 0,95 mg; Selênio – 0,33 mg; Manganês – 45 mg; Zinco – 80 mg; Cobre – 15 mg; Ferro – 50 mg; ²MC MIX Suínos Crescimento® - Níveis de garantia por kg de ração: Vit. A – 4.000 UI; Vit. D3 – 1000 UI; Vit. E – 7,5 mg; Vit. K – 0,5 mg; Ácido fólico – 0,3 mg; Biotina – 0,025 mg; Riboflavina – 3 mg; Tiamina – 1 mg Vit. B12 – 15 mcg; Pantotenato de cálcio – 8 mg; Niacina – 13 mg; Colina – 30 mg; ³Valores obtidos por meio de análises laboratoriais.

O experimento teve duração de 11 dias, sendo os seis primeiros para adaptação dos animais às gaiolas e determinação do consumo de ração e os cinco finais para as colheitas de fezes e urina. O consumo de ração foi definido de acordo com o menor consumo obtido nesta fase, baseado no peso metabólico ($\text{kg}^{0,75}$) de cada unidade experimental.

O arraçoamento foi realizado duas vezes ao dia, às 8h e às 17h. As dietas foram pesadas e umedecidas com água, na proporção de 1:1, para evitar o desperdício, reduzir a pulverulência e facilitar o consumo. Após cada refeição foi fornecida água à vontade.

Foi utilizado o método de coleta total de fezes, as quais foram colhidas duas vezes ao dia, pesadas, sendo posteriormente mantidas congeladas. A urina foi colhida uma vez ao dia, em baldes plásticos, contendo 20 mL de solução 1:1, de água destilada e ácido clorídrico, com o objetivo de não permitir a perda de nitrogênio e a proliferação de bactérias e fungos. O volume de urina produzido foi mensurado e retirada uma alíquota de 20%, que foi mantida congelada.

O óxido férrico (Fe_2O_3) foi utilizado como marcador fecal, para determinar o início e o final do período de coleta. Ao final do experimento, as fezes e urina 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 posterior moagem, em moinho de facas com peneira com crivo de 1 mm. As amostras de urina foram secas em placas de Petri, em estufa com circulação de ar forçada a 55°C por 72 horas, sendo que a cada 24 horas o volume das placas foi completado. As amostras de ração e ingredientes foram apenas moídas, seguindo os mesmos procedimentos descritos para as amostras de fezes.

Os ingredientes, as rações e as fezes, foram analisados nos Laboratórios de Nutrição Animal e de Ingredientes e Gases Poluentes, ambos do Departamento de Zootecnia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias-Unesp, Câmpus de Jaboticabal, sendo determinados os teores de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB) e matéria mineral (MM) de acordo com SILVA e QUEIRÓZ (2002). As fibras dietética total (FDT), insolúvel (FI) e solúvel (FS), foram analisadas de

acordo com AOAC (1995). As análises de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) foram realizadas conforme descrito por VAN SOEST et al. (1991). Os oligossacarídeos foram determinados por cromatografia líquida de alta performance (HPLC), em cromatógrafo Shimadzu, série 10A, equipado com coluna analítica contendo uma mistura de acetonitrila e água na proporção de 80:20 a 35° C, de acordo com GUIMARÃES et al. (2001). A determinação da energia bruta (EB) dos ingredientes, rações, fezes e urina foi realizada utilizando-se bomba calorimétrica automática marca IKA Works modelo C-5000, no Laboratório de Análises Bromatológicas e Minerais do Instituto de Zootecnia, em Nova Odessa, São Paulo.

A partir dos valores de matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, fibra dietética total, fibra dietética insolúvel, fibra dietética solúvel, oligossacarídeos e energia bruta, determinados pelas análises, foram calculados os coeficientes de digestibilidade dos nutrientes e da energia, e o de metabolizabilidade da energia, utilizando-se as fórmulas descritas por SAKOMURA e ROSTAGNO (2007).

Desempenho, peso dos órgãos gastrintestinais e pâncreas, pH e teor de ácidos graxos de cadeia curta, morfologia intestinal, produção e características das fezes e excreção de minerais – Experimento II.

No experimento II, foram utilizados 60 suínos machos castrados da linha genética Topigs, com peso inicial de $17,28 \pm 1,57$ kg, que foram alojados em baias de $2,55 \text{ m}^2$ cada, equipadas com bebedouros em nível, do tipo vaso comunicantes e comedouros semi-automáticos. Os tratamentos experimentais foram os mesmos do experimento I.

Os animais foram distribuídos em um delineamento em blocos casualizados, para controlar diferenças no peso inicial, com cinco tratamentos, sendo a unidade experimental constituída por um animal.

A avaliação foi dividida em duas fases, sendo: I – dos $17,28 \pm 1,57$ aos $29,92 \pm 4,13$ kg de peso e II – dos $29,92 \pm 4,13$ aos $48,37 \pm 6,56$ kg de peso. A avaliação do

desempenho contou com 12 repetições na fase I e seis repetições na fase II, sendo ao final de cada fase, abatidos seis animais de cada tratamento, avaliando-se: os pesos dos órgãos gastrintestinais e pâncreas, o pH dos conteúdos dos órgãos gastrintestinais e os teores de ácidos graxos de cadeia curta dos conteúdos do intestino delgado, ceco e cólon e a morfologia intestinal. A produção e características das fezes e a excreção de minerais contou com seis repetições nas fases I e II.

As dietas experimentais (Tabelas 3 e 4) foram formuladas de modo a apresentar os mesmos teores de energia metabolizável, proteína bruta e aminoácidos digestíveis e atender as exigências nutricionais dos animais de acordo com ROSTAGNO et al. (2005), nas fases estudadas.

Tabela 3. Composições centesimal, química e energética das dietas experimentais utilizadas na fase I (dos $17,28 \pm 1,57$ aos $29,92 \pm 4,13$ kg de peso dos suínos).

Ingredientes	Dieta experimentais				
	MD CPS (controle)	MD FS	MD CPS PC	MC FS	MC CPS
Milho comum	-	-	-	64,84	76,45
Milho degerminado	70,57	64,10	59,96	-	-
Farelo de soja	-	31,78	-	29,00	-
Concentrado proteico de soja	22,52	-	21,60	-	19,35
Polpa cítrica	-	-	13,00	-	-
Óleo de soja	-	0,43	-	2,66	0,46
Fosfato bicálcico	1,84	1,76	1,82	1,58	1,62
Calcário calcítico	0,50	0,42	-	0,56	0,66
Sal comum	0,48	0,45	0,45	0,40	0,42
L-Lisina.HCl, 78%	0,31	0,37	0,34	0,39	0,37
DL-Metionina, 99%	0,06	0,05	0,07	0,05	0,05
L-Treonina, 98%	0,18	0,17	0,18	0,13	0,13
L-Triptofano, 98%	0,01	-	0,01	-	0,02
Antioxidante	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Suplemento mineral ¹	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Suplemento vitamínico ²	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Caulim	3,07	-	2,00	-	-
Total	100	100	100	100	100
Valores calculados					
Energia metabolizável, kcal/kg	3300	3300	3300	3300	3300
Proteína bruta ³ , %	19,63	19,48	19,35	19,24	19,19
Cálcio, %	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72
Fósforo disponível, %	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Fibra em detergente neutro ³ , %	8,37	9,40	10,44	13,23	13,35
Fibra em detergente ácido ³ , %	2,27	3,02	4,42	4,40	3,99
Fibra dietética total ³ , %	13,73	16,37	17,51	18,66	16,95
Fibra dietética insolúvel ³ , %	12,57	14,72	12,39	16,99	15,68
Fibra dietética solúvel ³ , %	1,16	1,65	5,12	1,68	1,27
Estaquiose ³ , %	1,06	1,95	1,50	1,77	0,91
Rafinose ³ , %	0,81	1,29	0,78	4,20	4,06
Estaquiose + rafinose ³ , %	1,87	3,24	2,28	5,97	4,97
Lisina digestível, %	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15
Metionina digestível, %	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32
Treonina digestível, %	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72
Triptofano digestível, %	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20

¹MC MIX Mineral Suínos® - Níveis de garantia por kg de ração: Iodo – 0,95 mg; Selênio – 0,33 mg; Manganês – 45 mg; Zinco – 80 mg; Cobre – 15 mg; Ferro – 50 mg; ²MC MIX Suínos Inicial® - Níveis de garantia por kg de ração: Vit. A – 8.000 UI; Vit. D3 – 2000 UI; Vit. E – 10 mg; Vit. K – 0,5 mg; Ácido fólico – 0,8 mg; Biotina – 0,05 mg; Riboflavina – 5 mg; Tiamina – 1,5 mg Vit. B12 – 20 mcg; Pantotenato de cálcio – 12 mg; Niacina – 25 mg; Colina – 60 mg; Bacitracina de zinco – 50 mg; ³Valores obtidos por meio de análises laboratoriais.

Tabela 4. Composições centesimal, química e energética das dietas experimentais utilizadas na fase II (dos 29,92 ± 4,13 aos 48,37 ± 6,56 kg de peso dos suínos).

Ingredientes	Dietas experimentais				
	MD CPS (cotrole)	MD FS	MD CPS PC	MC FS	MC CPS
Milho comum	-	-	-	67,88	78,88
Milho degerminado	72,33	67,45	61,72	-	-
Farelo de soja	-	29,44	-	26,28	-
Concentrado proteico de soja	20,90	-	20,08	-	17,56
Polpa cítrica	-	-	13,00	-	-
Óleo de soja	-	-	-	2,30	0,29
Fosfato bicálcico	1,49	1,42	1,47	1,23	1,26
Calcário calcítico	0,51	0,43	-	0,58	0,67
Sal comum	0,43	0,40	0,41	0,36	0,37
L-Lisina.HCl, 78%	0,23	0,29	0,26	0,32	0,30
DL-Metionina, 99%	0,06	0,05	0,07	0,04	0,04
L-Treonina, 98%	0,15	0,14	0,15	0,10	0,11
L-Triptofano, 98%	0,01	-	0,01	-	0,02
Antioxidante	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Suplemento mineral ¹	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Suplemento vitamínico ²	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Caulim	3,42	-	2,38	-	-
Total	100	100	100	100	100
Valores calculados					
Energia metabolizável, kcal/kg	3300	3300	3300	3300	3300
Proteína bruta ³ , %	18,71	18,48	18,37	18,30	18,12
Cálcio, %	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63
Fósforo disponível, %	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
Fibra em detergente neutro ³ , %	8,28	9,32	10,34	13,29	13,41
Fibra em detergente ácido ³ , %	2,18	2,88	4,32	4,31	3,93
Fibra dietética total ³ , %	13,28	15,70	17,10	18,18	16,60
Fibra dietética insolúvel ³ , %	12,15	14,12	12,00	16,57	15,36
Fibra dietética solúvel ³ , %	1,13	1,59	5,11	1,62	1,23
Estaquiose ³ , %	0,98	1,80	1,42	1,61	0,83
Rafinose ³ , %	0,75	1,19	0,72	4,06	4,10
Estaquiose + rafinose ³ , %	1,73	2,99	2,14	5,67	4,93
Lisina digestível, %	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03
Metionina digestível, %	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31
Treonina digestível, %	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67
Triptofano digestível, %	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19

¹MC MIX Mineral Suínos® - Níveis de garantia por kg de ração: Iodo – 0,95 mg; Selênio – 0,33 mg; Manganês – 45 mg; Zinco – 80 mg; Cobre – 15 mg; Ferro – 50 mg; ²MC MIX Suínos Crescimento® - Níveis de garantia por kg de ração: Vit. A – 4.000 UI; Vit. D3 – 1000 UI; Vit. E – 7,5 mg; Vit. K – 0,5 mg; Ácido fólico – 0,3 mg; Biotina – 0,025 mg; Riboflavina – 3 mg; Tiamina – 1 mg Vit. B12 – 15 mg; Pantotenato de cálcio – 8 mg; Niacina – 13 mg; Colina – 30 mg; ³Valores obtidos por meio de análises laboratoriais.

Desempenho

Para a avaliação do desempenho, os animais, a ração fornecida e as sobras de ração foram pesadas no início e no final de cada fase do experimento, determinando-se o ganho diário de peso (GDP) em kg/dia, o consumo diário de ração (CDR) em kg/dia e a conversão alimentar (CA). Como os animais não foram redistribuídos nos blocos de acordo com o peso corporal ao final da fase I, os resultados foram analisados nos seguintes Períodos: I - dos $17,28 \pm 1,57$ aos $29,92 \pm 4,13$ kg e II - dos $17,28 \pm 1,57$ aos $48,37 \pm 6,56$ kg.

Abate dos Animais

Foram abatidos seis animais por tratamento, ao final das fases I e II, mediante desensibilização por choque elétrico e sangramento, quando foram colhidas amostras para avaliar as características do sistema digestório.

Pesos dos órgãos gastrintestinais

Logo após o abate, o trato gastrintestinal foi removido da cavidade abdominal, sendo tomado o peso do pâncreas, e os pesos vazios do estômago (E), intestino delgado (ID), ceco (CE) e cólon (CO) pesados vazios. Foram analisados o peso absoluto e o peso relativo destes órgãos, em função das diferentes rações utilizadas. O peso relativo foi calculado dividindo-se o peso absoluto do órgão vazio pelo peso da carcaça do animal, após a remoção das vísceras, cerdas e unhas, como descrito por SILZ (2000).

pH e teores de ácidos graxos de cadeia curta

Foram colhidas amostras dos conteúdos do E, ID, CE e CO, para avaliação do pH, por meio de peagâmetro digital modelo Digimed DM-20, inserido nas referidas

amostras. Nas amostras dos conteúdos do ID, CE e CO foram determinadas as concentrações dos ácidos acético, propiônico e butírico segundo ERWIN et al. (1961). Para isto, amostras de aproximadamente 10 g foram retiradas, pesadas e acidificadas com 30 mL de ácido fórmico, para inativar os processos fermentativos, as quais foram mantidas sob refrigeração por 72 horas, sendo homogeneizadas duas vezes ao dia. Após este período foram centrifugadas a 5000 rpm a 15 °C por 15 minutos, e o sobrenadante foi congelado e encaminhado ao Laboratório de Bromatologia do Departamento de Nutrição e Produção Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia-USP, Pirassununga-SP. As análises foram realizadas por meio de cromatografia gasosa, sendo utilizado um cromatógrafo a gás (Modelo 9001 Gas Chromatograph, Marca Finnigan) equipado com coluna de vidro de dois metros de comprimento x 1/4" de diâmetro, empacotada com 80/120 Carbopack B-DA/4% Carbowax 20M. Os gases utilizados foram o nitrogênio, como gás de arraste na vazão de 25 ml/minuto, oxigênio, como gás comburente na vazão de 175 mL/minuto, e hidrogênio, como gás combustível na vazão de 15 mL/minuto. As temperaturas utilizadas para operação foram de 200 °C para o vaporizador, 175 °C para a coluna de separação e 250 °C para o detector de ionização de chamas.

Morfologia da mucosa intestinal

Para estudo da estrutura do intestino delgado, foram colhidas amostras (\pm 3 cm) das porções médias do duodeno e jejuno, que foram abertas pela borda mesentérica, fixadas em papelão com grampos e acondicionadas em líquido fixador de Bouin. As amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Histologia do Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias-Unesp, Câmpus de Jaboticabal, para confecção das lâminas, onde foram realizadas as análises morfométricas do epitélio intestinal por microscopia de luz.

Para confecção das lâminas, as amostras permaneceram em solução de Bouin por 24 horas. Após este período, foram lavadas em água corrente e álcool etílico 70% para retirada do fixador e posteriormente, desidratadas em séries crescentes de alcoóis,

70 a 100%, diafanizadas em xilol e incluídas em parafina. A microtomia destas amostras foi realizada à espessura de 5µm, sendo feitos de 8 a 10 cortes semi-seriados para cada segmento de cada animal. Duas amostras de cada segmento foram coradas com hematoxilina-eosina, onde foram realizadas as medidas na mucosa intestinal e outras duas pela técnica do ácido periódico de Schiff-PAS segundo TOLOSA et al. (2003), onde foi realizada a contagem de células caliciformes.

Para as leituras das lâminas histológicas, utilizou-se microscópio de luz modelo Olympus BX41, acoplado a um sistema para captura de imagens Olympus DP11-N e sistema analisador de imagens por meio do programa Image J[®], com aumento de 125 vezes, para avaliar a altura (AV) e largura (LV) das vilosidades, e a profundidade das criptas (PC), sendo realizadas 30 leituras por amostra para cada parâmetro. De posse dos resultados de AV e PC, calculou-se a relação AV/PC. Para avaliar o número de células caliciformes (CC), foram realizadas 15 contagens por amostra, sendo realizada uma contagem por vilosidade, sendo o valor obtido, expresso em número de células caliciformes por vilosidade. Foram tomadas ainda, as medidas de espessura da mucosa e da muscular, que foram realizadas de forma contínua em 30 pontos por amostra, sendo tomadas aleatoriamente ao longo dos cortes.

Para as análises da ultra-estrutura do intestino delgado, amostras (± 1 cm) do duodeno e porção média do jejuno, também foram colhidas e imediatamente após, foram lavadas em solução tampão fosfato (0,1M e pH 7,4), fixadas em glutaraldeído e encaminhadas ao Laboratório de Microscopia Eletrônica da Faculdade de Ciências Agrárias Veterinárias-Unesp, Câmpus de Jaboticabal, onde foram lavadas com tampão fosfato várias vezes. Posteriormente, as amostras foram desidratadas em séries crescentes de etanol, iniciando-se em 30%, passando por 50%, 70%, 80%, 95%, e finalmente 100%, sendo que no último foram realizados três banhos. As amostras foram secas em secador de ponto crítico, usando CO₂, montadas, metalizadas com ouro paládio, observadas e elétron-micrografadas em microscópio eletrônico de varredura modelo JEOL, JSM, operado em 15kv. Foram realizadas elétron-micrografias de cinco áreas de cada amostra, para estimar a densidade de vilosidades (número de vilosidades/cm²).

Produção e características das fezes e excreção de minerais

Para quantificação da produção de fezes, as baias foram limpas com água pressurizada previamente às coletas, de forma a retirar todo tipo de resíduo, como fezes, urina e demais contaminantes. As fezes foram coletadas e pesadas em dois dias consecutivos da semana, durante todo o experimento de desempenho, sendo o material coletado neste período, o total de fezes produzidas em 48 horas, por animal. O total de fezes produzidas por fase foi calculado, admitindo-se que as fezes produzidas nos dois dias de coletas representaram a média produzida na semana. As fezes contaminadas com urina e/ou ração foram pesadas e posteriormente descartadas.

Esta avaliação contou com seis repetições nas fases I e II, sendo realizadas três coletas na fase I e três na II. As fezes coletadas foram pesadas e mantidas congeladas. Posteriormente, as fezes coletadas em cada fase foram homogeneizadas, retirando-se uma porção para pré-secagem e posterior moagem em moinho tipo faca com peneiras com crivos de 1 mm. As amostras foram encaminhadas aos Laboratórios de Nutrição Animal e de Ingredientes e Gases Poluentes, ambos do Departamento de Zootecnia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias-Unesp, Câmpus de Jaboticabal, sendo submetidas às análises de matéria seca (MS), matéria mineral (MM) e nitrogênio (N) de acordo com SILVA e QUEIRÓZ (2002) e com estes resultados foram calculados os sólidos totais (ST) e voláteis (SV) das fezes; fósforo (P), por colorimetria; potássio (K), cálcio (Ca), zinco (Zn) e cobre (Cu) por absorção atômica. Com exceção da pré-secagem, nas amostras de rações foram realizadas as mesmas análises.

Também foram calculados os coeficientes de resíduos gerados pelas excreções de ST, SV, MM, N, K, Ca, Zn e Cu nas fezes, por tratamento, de acordo com a fórmula:

Coeficiente de resíduos = Quantidade do resíduo eliminado nas fezes/
Quantidade total de peso vivo produzido, em que:

Resíduo = ST ou SV ou MM ou N ou minerais (P, K, Ca, Zn, Cu).

Análises estatísticas

Os dados observados em ambos os experimentos foram submetidos à análise de variância por meio do procedimento GLM (General Linear Models) no programa estatístico SAS (STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM, 1998) e a comparação das médias foi realizada pelo teste de Student-Newman-Keuls (5%). A normalidade dos erros foi testada pelo teste de Crammer-von Misses, de acordo com EVERITT (1998).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Avaliação biológica das dietas experimentais – Experimento I

Os coeficientes de digestibilidade da proteína bruta, Estaquiase e Est+Raf não foram afetados ($P>0,05$) pelas diferentes dietas experimentais, enquanto os da matéria seca, matéria orgânica, fibra dietética insolúvel e da energia bruta foram maiores ($P<0,05$) para as dietas contendo milho degerminado em relação às dietas contendo milho comum. O mesmo comportamento foi observado para o coeficiente de metabolizabilidade da energia bruta, com exceção da dieta MD CPS PC, que não diferiu ($P>0,05$) das demais.

Os maiores ($P<0,05$) coeficientes de digestibilidade das fibras em detergente neutro e dietética total foram encontrados para a dieta MD CPS PC, seguidos ($P<0,05$) pela MD FS e os menores ($P<0,05$) valores foram notados para as dietas MC FS e MC CPS, enquanto para a fibra em detergente ácido os maiores ($P<0,05$) coeficientes de digestibilidade foram observados para a dieta MD CPS PC e os menores ($P<0,05$) para a MC FS. Para a fibra dietética solúvel os menores ($P<0,05$) coeficientes foram verificados para a dieta MC CPS, seguidos ($P<0,05$) pelas MC FS e MD FS e os maiores ($P<0,05$) para a dieta MD CPS PC. Os coeficientes de digestibilidade da rafinose foram maiores ($P<0,05$) para as dietas MD CPS e MC FS em relação à MD CPS PC.

Na Tabela 5 são apresentados os coeficientes de digestibilidade (CD) e de metabolizabilidade (CM) das dietas experimentais.

Tabela 5. Coeficientes de digestibilidade (CD) e de metabolizabilidade (CM) das dietas experimentais para suínos com $29,52 \pm 2,35$ kg de peso - Experimento I.

Coeficientes de digestibilidade e metabolizabilidade ¹ , %	Dietas experimentais ²					CV ³ (%)	P
	MD CPS (controle)	MD FS	MD CPS PC	MC FS	MC CPS		
CDMS	88,16a	89,12a	88,18a	83,17b	84,15b	3,20	0,0028
CDMO	92,78a	90,96a	91,90a	84,82b	85,90b	2,75	0,0001
CDPB	84,91	82,26	82,02	79,63	78,94	5,48	0,1864
CDFDN	68,52ab	65,37b	74,06a	57,14c	58,38c	7,74	0,0001
CDFDA	65,24ab	56,92ab	70,35a	54,17b	57,29ab	14,11	0,0177
CDFI	84,44a	79,78a	84,02a	67,97b	67,86b	5,55	0,0001
CDFS	58,59bc	68,04b	89,28a	74,07b	49,06c	16,75	0,0001
CDFDT	82,38ab	78,67b	86,04a	68,44c	65,98c	6,06	0,0001
CDEstaquiose	87,21	88,24	78,99	84,70	76,58	9,06	0,0507
CDRafinose	89,07a	82,85ab	78,75b	87,89a	84,31ab	6,60	0,0287
CDEst+Raf	88,29	85,46	78,86	86,16	80,14	7,28	0,0579
CDEB	90,85a	88,79a	89,38a	82,49b	83,06b	3,36	0,0001
CMEB	87,80a	85,72a	83,09ab	79,34b	80,15b	4,27	0,0016

¹CDMS – coeficiente de digestibilidade da matéria seca; CDMO – coeficiente de digestibilidade da matéria orgânica; CDPB – coeficiente de digestibilidade da proteína bruta; CDFDN – coeficiente de digestibilidade da fibra em detergente neutro; CDFDA – coeficiente de digestibilidade da fibra em detergente ácido; CDFI – coeficiente de digestibilidade da fibra dietética insolúvel; CDFS – coeficiente de digestibilidade da fibra dietética solúvel; CDFDT – coeficiente de digestibilidade da fibra dietética total; CDEstaquiose -- coeficiente de digestibilidade da estaquiose; CDRafinose – coeficiente de digestibilidade da rafinose; CDEst+Raf – coeficiente de digestibilidade da estaquiose + rafinose; CDEB – coeficiente de digestibilidade da energia bruta; CMEB – coeficiente de metabolizabilidade da energia bruta. ²MD CPS (controle) – dieta composta principalmente por milho degeminado e concentrado proteico de soja; MD FS – dieta composta principalmente por milho degeminado e farelo de soja; MD CPS PC – dieta composta principalmente por milho degeminado, concentrado proteico de soja e polpa cítrica; MC FS – dieta composta principalmente por milho comum e farelo de soja; MC CPS – dieta composta principalmente por milho comum e concentrado proteico de soja; ³Coeficientes de variação; Médias seguidas da mesma letra na linha, não diferem entre si pelo teste de Student-Newman-Keuls (P>0,05).

A composição dos carboidratos, principalmente a porção do amido, fibra dietética e açúcares, como os OL's, tem influência sobre o valor nutritivo das dietas (PETTERSSON e LINDBERG, 1996), sendo que os OL's exercem efeito negativo sobre a digestibilidade dos nutrientes e da energia (KARR-LILIENTHAL et al., 2005). No entanto, estudos avaliando os efeitos da adição de OL's da soja em dietas para suínos mostraram resultados controversos. Quando SMIRICKY-TJARDES et al. (2003) acrescentaram 3,5 ou 4,78% de OL's da soja à dietas purificadas para suínos, utilizando a caseína como fonte proteica, verificaram decréscimo de 5% nas digestibilidades ileais da matéria seca e da proteína, enquanto VAN KEMPEN et al. (2006) avaliando as digestibilidades ileais e totais de dietas para suínos, formuladas com variedades de farelo de soja contendo diferentes concentrações de OL's, não

observaram diferença significativa sobre os coeficientes de digestibilidade totais da matéria seca, proteína e energia, no entanto, constataram correlação negativa entre a concentração de OL's e digestibilidade ileal da matéria seca.

Enquanto as fibras solúveis são fermentadas por microrganismos no intestino grosso, sendo estes excretados juntamente com as fezes e contabilizados como nitrogênio, as fibras insolúveis promovem a escamação da parede intestinal aumentando a perda de nitrogênio (VAREL e YEN, 1997), provocando diminuição dos coeficientes de digestibilidade aparente da proteína. Porém, existem controvérsias entre resultados sobre essa variável (SOUFFRANT, 2001). Os tipos de fibra dietética e oligossacarídeos avaliados neste trabalho não afetaram ($P>0,05$) a digestibilidade da proteína bruta.

O incremento de fibra dietética em dietas para suínos está associado com a diminuição das digestibilidades da matéria seca e da energia (NOBLET e LE GOFF, 2001). A fibra presente na dieta diminui o contato enzima-substrato por aumentar a viscosidade da digesta ou pelo aumento da taxa de passagem e isso depende diretamente do tipo, natureza e nível de inclusão deste nutriente na dieta, levando à diminuição da digestibilidade dos nutrientes (BACH KNUDSEN, 2001). Outros fatos que explicam a diminuição da digestibilidade da energia são a redução da eficiência no aproveitamento da energia na forma de ácidos graxos de cadeia curta e suas perdas na forma de gases (CH_4 , H_2 e CO_2) e biomassa microbiana (BINDELLE et al., 2008).

Os resultados encontrados neste trabalho para os coeficientes de digestibilidade da matéria seca e da energia, estão de acordo com os verificados por MOESER et al. (2002), quando avaliaram o milho comum e o degerminado para suínos com 27 kg de peso. Os autores verificaram aumentos de 7,2 e 7,0% nos coeficientes de digestibilidade da matéria seca e da energia, respectivamente, para a dieta contendo milho degerminado com 3,4% de FDN, em comparação àquela com milho comum com 7,2% de FDN. Estes resultados concordaram também com os observados por WILFART et al. (2007), que verificaram coeficientes de digestibilidade menores para a matéria seca, matéria orgânica e energia à medida em que aumentaram a inclusão de

farelo de trigo nas dietas de suínos em crescimento, obtendo os níveis de 16, 21 e 27% de fibra dietética.

ANGUITA et al. (2006) avaliaram teores baixos (7,74%), médios (16%) e altos (24%) de fibra dietética em dietas para suínos e observaram maiores coeficientes de digestibilidade da matéria seca e da energia bruta para a dieta contendo o menor teor de fibra dietética. Porém os mesmos autores encontraram coeficientes maiores de digestibilidade da fibra dietética total à medida que aumentaram os teores deste nutriente nas dietas, contrariando os resultados do presente trabalho. Isto pode ser explicado devido às dietas com maiores teores de fibra dietética, terem recebido, proporcionalmente, maiores quantidades de polpa de beterraba e farinha de trigo, altamente fermentáveis, como fontes de fibra e pelo fato dos animais utilizados pesarem em torno de 70 kg de peso, o que favorece o aproveitamento da fibra da dieta em relação a animais mais jovens (JOHNSTON et al., 2003).

Desempenho, peso dos órgãos gastrintestinais e pâncreas, pH e teor de ácidos graxos de cadeia curta, morfologia intestinal, produção e características das fezes e excreção de minerais – Experimento II.

O consumo diário de ração, o ganho diário de peso e a conversão alimentar dos animais, não foram afetados ($P>0,05$) pelas diferentes dietas experimentais e são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6. Valores médios de consumo diário de ração (CDR), ganho diário de peso (GDP) e conversão alimentar (CA) de suínos em função dos diferentes períodos e dietas experimentais.

	Dietas experimentais ²					CV (%) ³	P
	MD CPS (controle)	MD FS	MD CPS PC	MC FS	MC CPS		
Período I¹							
CDR, kg	1,28	1,23	1,11	1,25	1,21	22,28	0,5898
GDP, kg	0,64	0,68	0,54	0,68	0,62	27,62	0,3645
CA	1,96	1,83	2,07	1,87	2,01	11,35	0,1240
Período II¹							
CDR, kg	1,79	1,58	1,44	1,70	1,49	24,68	0,5382
GDP, kg	0,84	0,76	0,66	0,86	0,70	24,83	0,2935
CA	1,91	1,91	1,95	1,78	1,94	8,63	0,3961

¹Período I – dos 17,28 ± 1,57 aos 29,92 ± 4,13 kg; Período II – dos 17,28 ± 1,57 aos 48,37 ± 6,56 kg; ²MD CPS (controle) – dieta composta principalmente por milho degeminado e concentrado proteico de soja; MD FS – dieta composta principalmente por milho degeminado e farelo de soja; MD CPS PC – dieta composta principalmente por milho degeminado, concentrado proteico de soja e polpa cítrica; MC FS – dieta composta principalmente por milho comum e farelo de soja; MC CPS – dieta composta principalmente por milho comum e concentrado proteico de soja; ³Coefficientes de variação

Há divergências entre os resultados encontrados na literatura sobre os efeitos da ingestão de OL's sobre o desempenho de suínos. Enquanto CHOW (2002), reconheceu que os OL's como a estaquiose e a rafinose são capazes de melhorar a microbiota intestinal, proporcionando melhor desempenho aos animais, LIYING et al. (2003) demonstraram que suínos alimentados com dietas contendo 1 e 2% de estaquiose tiveram ganhos diários de peso de 0,04 e 0,08 kg, respectivamente, menores que os animais alimentados com a mesma dieta, porém isenta de OL's. Trabalhos mostraram que as concentrações de OL's encontradas naturalmente em dietas baseadas em milho e farelo de soja não são capazes de prejudicar o desempenho desses animais (KARR-LILIENTHAL et al., 2005).

Na literatura são escassas as informações que possam explicar as disparidades encontradas quanto ao desempenho de suínos, quando alimentados com diferentes fontes e concentrações de fibra dietética. Porém, fatores como as características físico-químicas das fontes de fibra, sua concentração na dieta e a idade dos animais podem interferir no aproveitamento das dietas por suínos (WENK, 2001).

Quando BIKKER et al. (2006) avaliaram duas dietas contendo valores de PNA's de 13 e 19,5 % sobre o desempenho de leitões, constataram que os animais alimentados com as dietas contendo o menor nível apresentaram maior ganho de peso e pior conversão alimentar em relação aos demais, não diferindo quanto ao consumo diário de ração. De forma contrária, HERMES et al. (2009) num trabalho semelhante, constataram maior ganho de peso e pior conversão alimentar para leitões alimentados com a dieta contendo maior teor de fibra.

Os resultados encontrados no presente trabalho concordaram com os verificados por MOESER et al. (2002), que não constataram diferença quanto ao desempenho de animais alimentados com dieta contendo milho comum em relação àqueles alimentados com dieta com milho degerminado. Fontes de fibras solúveis, como a polpa cítrica, são altamente fermentáveis no intestino grosso de suínos e proporcionam coeficientes de digestibilidade satisfatórios (BINDELLE et al., 2008), no entanto, sua utilização como fonte de energia não é interessante se comparada ao milho, pois a eficiência de utilização da energia dos AGCC é de 5 a 10% inferior que a do amido digerido e absorvido no intestino delgado (JORGENSEN et al., 1997), além de haver maiores perdas de energia na forma de metano.

Os pesos absolutos e relativos dos órgãos gastrintestinais e pâncreas, encontram-se nas Tabelas 7 e 8, respectivamente, onde notou-se que os pesos absolutos e os relativos do pâncreas, estômago e intestino delgado não foram afetados ($P > 0,05$) pelas dietas experimentais, observando-se que, apenas os leitões que consumiram a dieta MD CPS PC apresentaram os maiores ($P < 0,05$) pesos relativos do intestino grosso, em relação a todos os demais.

Tabela 7. Pesos absolutos dos órgãos gastrintestinais e pâncreas de suínos em função dos diferentes abates e dietas experimentais.

	Dietas experimentais ²					CV (%) ³	P
	MD CPS (controle)	MD FS	MD CPS PC	MC FS	MC CPS		
Abate I¹							
Pâncreas, g	75,25	74,29	67,27	80,94	88,49	25,25	0,475
Estômago, g	201,70	227,50	214,00	221,00	240,50	15,37	0,393
Intestino delgado, kg	1,425	1,515	1,462	1,571	1,573	15,10	0,739
Intestino grosso, kg	0,676	0,813	0,685	0,785	0,752	10,78	0,098
Abate II¹							
Pâncreas, g	117,84	109,2	94,22	116,71	98,77	21,46	0,395
Estômago, g	298,33	311,67	294,17	319,17	300,83	17,53	0,923
Intestino delgado, kg	1,663	1,70	1,596	1,723	1,413	23,71	0,643
Intestino grosso, kg	1,040	1,163	1,138	1,038	0,942	12,45	0,068

¹Abate I – aos 29,92 ± 4,13 kg; Abate II – aos 48,37 ± 6,56 kg; ²MD CPS (controle) – dieta composta principalmente por milho degeminado e concentrado proteico de soja; MD FS – dieta composta principalmente por milho degeminado e farelo de soja; MD CPS PC – dieta composta principalmente por milho degeminado, concentrado proteico de soja e polpa cítrica; MC FS – dieta composta principalmente por milho comum e farelo de soja; MC CPS – dieta composta principalmente por milho comum e concentrado proteico de soja; ³Coefficientes de variação.

McDONALD et al. (2001) sugeriram que as diferenças observadas quanto ao peso relativo dos órgãos de suínos alimentados com dietas contendo diferentes teores de fibra é ocorrem porque o desenvolvimento dos tecidos do intestino, ocorrem em detrimento do desenvolvimento da carcaça. Outro ponto, é que os órgãos intestinais demandam altos gastos energéticos para sua manutenção em relação ao seu tamanho (YEN et al., 1989), dispensando boa parte dos nutrientes ingeridos para este fim. Algumas fontes de fibra, principalmente as solúveis, possuem maior capacidade de reter água, provocando um “enchimento” dos órgãos gastrintestinais, e são degradadas mais facilmente por microrganismos, estimulando os processos fermentativos, o que explica o aumento (P<0,05) do peso relativo do intestino grosso dos animais alimentados com a dieta MD CPS PC, dieta mais rica em fibra solúvel, em relação aos demais. Esse resultado concorda com os encontrados por GILL et al. (2000), que verificaram relação positiva entre o consumo de polpa de beterraba e o peso do intestino grosso de suínos e também com os resultados encontrados por PASCOAL (2009), que observou maiores pesos relativos do cólon dos leitões alimentados com

dietas contendo polpa cítrica como fonte de fibra e com PLUSKE et al. (2003), que verificaram maiores pesos absolutos e relativos do cólon de suínos à medida em que aumentaram o conteúdo de fibra das dietas.

Tabela 8. Pesos relativos (g do órgão/kg de carcaça) do pâncreas e órgãos gastrintestinais de suínos em função dos diferentes abates e dietas experimentais.

	Dietas experimentais ²					CV ³ (%)	P
	MD CPS (controle)	MD FS	MD CPS PC	MC FS	MC CPS		
Abate I¹							
Pâncreas, g/kg	3,68	3,51	3,42	4,16	4,14	19,49	0,3343
Estômago, g/kg	10,32	10,66	10,98	11,42	11,30	15,83	0,8521
Intestino delgado, g/kg	71,74	71,08	74,58	77,25	74,56	14,77	0,9421
Intestino grosso, g/kg	33,87	38,10	35,34	40,96	35,31	11,83	0,1504
Abate II¹							
Pâncreas, g/kg	3,14	3,04	2,92	3,03	2,86	14,61	0,8418
Estômago, g/kg	7,92	8,97	9,45	8,21	8,93	10,40	0,0526
Intestino delgado, g/kg	43,88	47,95	51,08	43,90	46,78	13,15	0,2557
Intestino grosso, g/kg	27,54b	29,38b	36,86a	26,77b	28,08b	12,80	0,0011

¹Abate I – aos 29,92 ± 4,13 kg; Abate II – aos 48,37 ± 6,56 kg; ²MD CPS (controle) – dieta composta principalmente por milho degeminado e concentrado proteico de soja; MD FS – dieta composta principalmente por milho degeminado e farelo de soja; MD CPS PC – dieta composta principalmente por milho degeminado, concentrado proteico de soja e polpa cítrica; MC FS – dieta composta principalmente por milho comum e farelo de soja; MC CPS – dieta composta principalmente por milho comum e concentrado proteico de soja; ³Coefficientes de variação; Médias seguidas da mesma letra na linha, não diferem entre si pelo teste de Student Newman-Keuls (P>0,05).

Na Tabela 9 são apresentadas as medidas de pH observadas nos conteúdos dos órgãos gastrintestinais de suínos em função dos diferentes abates e dietas experimentais.

Tabela 9. Medidas de pH observadas nos conteúdos dos órgãos gastrintestinais de suínos em função dos diferentes abates e dietas experimentais.

	Dietas experimentais ²					CV (%) ³	P
	MD CPS (controle)	MD FS	MD CPS PC	MC FS	MC CPS		
Abate I¹							
Estômago	3,06	3,42	3,56	3,75	3,84	21,68	0,4810
Intestino delgado	6,09	5,94	5,95	6,32	5,94	5,29	0,2005
Ceco	5,47	5,60	5,50	5,61	5,58	4,18	0,8681
Cólon	5,77	6,04	5,79	5,73	5,64	4,29	0,1184
Abate II¹							
Estômago	4,21a	2,64b	3,94ab	3,83ab	3,26ab	24,92	0,0430
Intestino delgado	6,31	6,18	5,89	6,43	6,21	7,92	0,4220
Ceco	5,65	5,56	5,43	5,60	5,49	7,21	0,8740
Cólon	6,05a	5,85ab	5,46b	5,73ab	5,75ab	4,51	0,0140

¹Abate I – aos 29,92 ± 4,13 kg; Abate II – aos 48,37 ± 6,56 kg; ²MD CPS (controle) – dieta composta principalmente por milho degeminado e concentrado proteico de soja; MD FS – dieta composta principalmente por milho degeminado e farelo de soja; MD CPS PC – dieta composta principalmente por milho degeminado, concentrado proteico de soja e polpa cítrica; MC FS – dieta composta principalmente por milho comum e farelo de soja; MC CPS – dieta composta principalmente por milho comum e concentrado proteico de soja; ³Coeficientes de variação; Médias seguidas da mesma letra na linha, não diferem entre si pelo teste de Student-Newman-Keuls (P>0,05).

A inclusão de fibra na dieta de suínos pode diminuir o pH ao longo do trato gastrintestinal, devido ao aumento das secreções gástricas e pela produção de AGCC, produtos da fermentação da fibra (MONTAGNE et al., 2003) e dos OL's. No presente trabalho, este parâmetro não foi alterado (P>0,05) pelas dietas experimentais no Abate I. Porém, no II verificou-se as maiores (P<0,05) médias de pH no conteúdo do estômago dos leitões que consumiram a dieta MD CPS e as menores (P<0,05) naqueles recebendo a dieta MD FS, concordando com os resultados obtidos por JONSSON e CONWAY (1992), que notaram amplitude de 2,3 a 4,5 para esta avaliação.

O pH do cólon também foi afetado (P<0,05) pelas dietas experimentais no Abate II, sendo que os menores (P<0,05) valores foram verificados nos animais recebendo a dieta MD CPS PC e os maiores (P<0,05) nos que consumiram a dieta MD CPS. A polpa cítrica é rica em fibra solúvel, sendo esta mais rápida e facilmente fermentada no intestino grosso de suínos quando comparada a fibra insolúvel (BACH KNUDSEN e HANSEN, 1991). Desta maneira, esse tipo de fibra contribui para a queda do pH nesse

segmento, explicando os resultados obtidos nesse trabalho. Quando PLUSKE et al. (2003) avaliaram dietas com diferentes concentrações de fibra dietética, verificaram valores de pH maiores no ceco e nas porções proximal e distal do cólon de suínos alimentados com dieta baseada em arroz cozido e proteína animal, com teor de fibra dietética de 0,27%, em comparação aos alimentados com dietas contendo fontes de fibra como o milho, lupim (fonte de fibra isolada), ou a combinação dos dois últimos e com teores de fibra dietética de 12, 30 e 20,4%, respectivamente.

O aumento da acidez do conteúdo do intestino não está necessariamente correlacionado com a produção de AGCC pelos microrganismos, uma vez que a utilização do pH como único indicador da fermentação depende de fatores como a produção, absorção e utilização dos AGCC pelos animais (PLUSKE et al., 1998), além da velocidade com que esses processos ocorrem. Isso foi evidenciado neste trabalho, pois, embora o pH no conteúdo do cólon tenha sido afetado pelas dietas experimentais, o mesmo não foi verificado para as produções de AGCC, tanto no cólon, quanto no intestino delgado e ceco. Outro ponto a ser considerado é que a produção de AGCC parece ter grande correlação com a viscosidade da digesta e não somente com o pH (McDONALD et al., 2001). As produções de AGCC não foram afetadas ($P > 0,05$) pelas diferentes dietas experimentais e abates (Tabela 10).

Tabela 10. Valores de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) no intestino delgado, ceco e cólon de suínos em função dos diferentes abates e dietas experimentais.

AGCC, mMol/L	Dietas experimentais ²					CV ³ (%)	P
	MD CPS (controle)	MD FS	MD CPS PC	MC FS	MC CPS		
Abate I¹							
Intestino delgado							
Acético	16,60	17,44	18,49	19,29	16,07	27,46	0,9729
Propiônico	0,93	1,36	1,39	1,06	1,24	38,31	0,8057
Butírico	1,08	0,99	0,87	0,98	0,94	62,44	0,9855
Ceco							
Acético	47,65	39,83	51,46	40,98	39,28	22,95	0,2038
Propiônico	26,91	20,11	22,83	22,20	23,61	27,10	0,4617
Butírico	12,29	12,39	12,98	9,58	11,67	36,18	0,7907
Cólon							
Acético	50,30	49,90	55,73	45,12	51,69	13,48	0,3154
Propiônico	25,90	21,92	20,74	21,14	23,83	21,06	0,3604
Butírico	13,92	15,65	13,80	9,29	15,42	36,42	0,2799
Abate II¹							
Intestino delgado							
Acético	11,83	11,67	8,35	10,69	9,21	25,69	0,1561
Propiônico	1,18	1,06	1,01	1,11	1,04	19,27	0,6629
Butírico	1,02	0,76	0,65	0,67	0,61	43,70	0,2239
Ceco							
Acético	38,97	37,19	38,58	35,98	36,68	17,37	0,9203
Propiônico	20,65	18,82	17,43	20,45	19,68	30,40	0,8746
Butírico	11,98	10,74	10,10	8,74	8,01	42,15	0,5065
Cólon							
Acético	44,41	44,10	42,98	46,83	42,32	16,05	0,8360
Propiônico	22,46	21,27	21,27	22,76	20,55	22,65	0,9291
Butírico	14,43	13,80	14,36	13,25	10,91	21,33	0,2272

¹Abate I – aos 29,92 ± 4,13 kg; Abate II – aos 48,37 ± 6,56 kg; ²MD CPS (controle) – dieta composta principalmente por milho degeminado e concentrado proteico de soja; MD FS – dieta composta principalmente por milho degeminado e farelo de soja; MD CPS PC – dieta composta principalmente por milho degeminado, concentrado proteico de soja e polpa cítrica; MC FS – dieta composta principalmente por milho comum e farelo de soja; MC CPS – dieta composta principalmente por milho comum e concentrado proteico de soja; ³Coefficientes de variação.

A solubilidade da fibra é um fator importante para sua fermentação. Fontes de fibra solúveis são mais facilmente degradadas e aumentam o número e atividade dos microrganismos no intestino grosso e até mesmo no intestino delgado (WENK, 2001), enquanto fontes de fibra insolúveis levam mais tempo para serem degradadas.

AWATI et al. (2006) verificaram concentrações de 56,79 mMol/L de AGCC no conteúdo do intestino grosso de leitões alimentados com uma dieta basal, composta

principalmente por amido de milho e farinha de peixe, enquanto que para a mesma dieta, porém enriquecida com carboidratos fermentáveis, contendo 5% de polpa cítrica e 5% de amido de trigo, constataram produções de 63,43 mMol/L de AGCC. Estes resultados concordaram com os verificados por PASCOAL (2009), que observou produções maiores de ácido acético no ceco de leitões alimentados com uma dieta composta principalmente por milho, farelo de soja e com inclusão de 9% de polpa cítrica, em relação aos alimentados com a dieta isenta de polpa cítrica. No presente trabalho, tanto a inclusão de polpa cítrica na dieta, quanto o conteúdo de fibra dietética e OL's do milho comum e farelo de soja não afetaram as produções de AGCC, o que também foi observado por WEBER et al. (2010) quando adicionaram à dieta de suínos em crescimento níveis crescentes de farelo de gérmen de milho, rico em fibra, elevando a concentração de fibra em detergente neutro de 6,2 para 18%. Concordam também com os resultados encontrados por SMIRICKY-TJARDES et al. (2003) quando avaliaram a inclusão de 4,78 % de OL's (estaquiose + rafinose) na alimentação de suínos em crescimento e não observaram efeito sobre a produção de AGCC no íleo.

Na Tabela 11 são apresentados os valores médios das características das vilosidades, criptas, da muscular e da mucosa do duodeno e jejuno dos suínos, que não foram afetados ($P>0,05$) pelos diferentes abates e dietas experimentais.

Tabela 11. Valores médios para altura das vilosidades (AV), largura das vilosidades (LV), profundidade das criptas (PC), relação altura de vilosidades e profundidade das criptas (AV/PC), espessuras da muscular (EMUS) e da mucosa (EMUC), número de células caliciformes (CC) e densidade de vilosidades (DV), no duodeno e jejuno de suínos em função dos diferentes abates e dietas experimentais.

	Dietas experimentais ²					CV ³ (%)	P
	MD CPS (controle)	MD FS	MD CPS PC	MC FS	MC CPS		
Abate I¹							
Duodeno							
AV, µm	408,10	380,43	386,21	367,67	416,48	14,76	0,5971
LV, µm	139,46	142,02	139,91	142,99	135,32	11,61	0,9399
PC, µm	163,56	165,28	150,37	168,35	183,88	13,76	0,2464
AV/PC	2,51	2,24	2,60	2,20	2,31	18,32	0,5431
EMUS, µm	377,18	443,31	432,55	538,80	418,07	21,80	0,1530
EMUC, µm	747,13	685,45	670,82	720,71	735,66	12,16	0,6059
CC	9,2	8,6	6,8	8,3	7,5	20,22	0,5686
DV, cm ²	2042	2258	2216	2113	2271	9,06	0,2634
Jejuno							
AV, µm	395,79	405,96	375,38	401,03	392,85	13,91	0,9140
LV, µm	126,38	129,53	139,84	130,05	144,96	11,40	0,3297
PC, µm	150,39	160,11	168,48	171,05	153,20	8,76	0,1399
AV/PC	2,74	2,54	2,25	2,43	2,57	12,86	0,2286
EMUS, µm	325,43	373,36	359,37	354,38	425,50	21,12	0,3815
EMUC, µm	734,51	756,62	722,77	732,74	730,17	9,91	0,9490
CC	5,0	4,8	4,4	3,6	5,0	24,92	0,5955
DV, cm ²	2719	2790	2865	2877	2576	16,58	0,7986
Abate II¹							
Duodeno							
AV, µm	397,61	407,02	439,89	398,82	394,75	10,74	0,5398
LV, µm	136,87	132,22	153,54	144,09	130,26	9,65	0,1049
PC, µm	142,41	141,52	149,94	143,52	151,80	7,90	0,4671
AV/PC	2,84	2,81	2,93	2,82	2,72	8,20	0,7608
EMUS, µm	459,49	469,58	406,73	414,38	454,74	25,03	0,8460
EMUC, µm	732,28	807,29	819,58	738,72	767,39	13,65	0,5779
CC	7,2	6,2	4,3	5,8	5,8	28,06	0,5239
DV, cm ²	2442	1977	1825	2137	2117	18,85	0,1448
Jejuno							
AV, µm	444,47	377,86	412,78	379,80	389,67	15,89	0,3948
LV, µm,	130,34	136,09	127,90	127,30	128,33	7,81	0,6925
PC, µm	151,79	145,01	145,29	139,25	153,88	7,90	0,2990
AV/PC	2,93	2,69	2,84	2,86	2,63	11,21	0,7760
EMUS, µm	380,76	447,89	512,59	394,60	443,51	21,92	0,1728
EMUC, µm	779,05	698,11	720,96	735,13	742,75	10,07	0,4443
CC	5,3	6,3	4,7	5,0	5,5	26,60	0,4926
DV, cm ²	2301	2325	2283	2227	2127	12,84	0,8018

¹Abate I – aos 29,92 ± 4,13 kg; Abate II – aos 48,37 ± 6,56 kg; ²MD CPS (controle) – dieta composta principalmente por milho degeminado e concentrado proteico de soja; MD FS – dieta composta principalmente por milho degeminado e farelo de soja; MD CPS PC – dieta composta principalmente por milho degeminado, concentrado proteico de soja e polpa cítrica; MC FS – dieta composta principalmente por milho comum e farelo de soja; MC CPS – dieta composta principalmente por milho comum e concentrado proteico de soja; ³Coefficientes de variação.

A produção de AGCC pela fermentação da fibra dietética e OL's, auxilia na manutenção da mucosa intestinal (MONTAGNE et al., 2003, ROSSI et al., 2008). No entanto, quando BIKKER et al. (2006) elevaram o teor de PNA's de 13,0 para 19,5% em dietas de leitões, verificaram aumento da produção de AGCC no cólon destes animais. Porém, estes autores não verificaram o mesmo efeito no íleo, sendo que as dietas também não afetaram a altura das vilosidades e a profundidade das criptas do jejuno dos leitões. HEDMANN et al. (2006) testaram dietas contendo médio (10,4%) e alto (14,7%) teores de fibra nas dietas de leitões, utilizando casca de cevada e pectina purificada como fontes de fibra insolúvel e solúvel, respectivamente, e constataram maiores densidades e menores alturas das vilosidades nos animais alimentados com a dieta contendo pectina.

Menores profundidades das criptas e maiores alturas e áreas das vilosidades, foram observadas por LI et al. (1991) e Endres (1996) citados por BELLAVAR (1999), em leitões abatidos aos 7 e 14 dias pós-desmame e alimentados com dietas contendo concentrado proteico de soja, em relação àqueles recebendo dieta com farelo de soja. BERTOL et al. (2000) também encontraram resultados semelhantes para leitões abatidos aos 14 dias pós-desmame.

OL's e fontes de fibras solúveis, capazes de aumentar a viscosidade da digesta, possuem maior capacidade de causar efeitos deletérios na morfologia intestinal que outras fontes, sendo que animais mais jovens, principalmente recém-desmamados, são mais susceptíveis aos seus efeitos (MONTAGNE et al., 2003), o que pode explicar os resultados obtidos nesse trabalho.

As características das fezes são apresentadas na Tabela 12. Todos os parâmetros foram afetados ($P < 0,05$) pelas dietas experimentais.

Tabela 12. Características das fezes (porcentagem da matéria seca) de suínos em função das diferentes fases e dietas experimentais.

Item, %	Dietas experimentais ²					CV ³ (%)	P
	MD CPS (controle)	MD FS	MD CPS PC	MC FS	MC CPS		
Fase I¹							
Sólidos voláteis	63,08d	80,95b	76,44c	86,02a	85,55a	2,43	0,0001
Matéria mineral	36,92a	19,05c	23,55b	13,98d	14,44d	8,25	0,0001
Nitrogênio	5,43a	5,87a	5,62a	4,46b	4,44b	6,07	0,0001
Cálcio	2,13ab	2,46a	1,52b	1,67b	1,78b	23,84	0,0123
Fósforo	0,87b	1,20a	0,81b	0,92b	1,26a	19,34	0,0022
Potássio	0,71a	0,57b	0,57b	0,58b	0,47b	13,11	0,0006
Zinco	0,05a	0,05a	0,04b	0,04b	0,04b	12,43	0,0002
Cobre	0,02a	0,02a	0,01b	0,01b	0,01	22,47	0,0005
Fase II¹							
Sólidos voláteis	62,42d	79,90b	73,99c	86,03a	85,34a	3,41	0,0001
Matéria mineral	37,57a	20,10c	26,01b	13,97d	14,65d	11,79	0,0001
Nitrogênio	6,09a	6,59a	6,06a	4,86b	4,84b	8,22	0,0001
Cálcio	2,79a	2,54ab	1,37c	1,52bc	1,78bc	36,06	0,0086
Fósforo	0,66c	1,19a	0,79bc	0,84bc	0,97b	16,70	0,0001
Potássio	0,94a	0,62b	0,63b	0,64b	0,60b	24,11	0,0091
Zinco	0,04b	0,05a	0,04b	0,04b	0,04b	10,69	0,0001
Cobre	0,01b	0,02a	0,01b	0,01b	0,01b	10,31	0,0003

¹Fase I – dos 17,28 ± 1,57 aos 29,92 ± 4,13 kg; Fase II – dos 29,92 ± 4,13 aos 48,37 ± 6,56 kg; ²MD CPS (controle) – dieta composta principalmente por milho degeminado e concentrado proteico de soja; MD FS – dieta composta principalmente por milho degeminado e farelo de soja; MD CPS PC – dieta composta principalmente por milho degeminado, concentrado proteico de soja e polpa cítrica; MC FS – dieta composta principalmente por milho comum e farelo de soja; MC CPS – dieta composta principalmente por milho comum e concentrado proteico de soja; ³Coefficientes de variação; Médias seguidas da mesma letra na linha, não diferem entre si pelo teste de Student-Newman-Keuls (P>0,05).

Nas fases I e II a porcentagem de sólidos voláteis foi maior (P<0,05) nas fezes dos animais alimentados com as dietas contendo milho comum, seguidos pelos consumindo as dietas MD FS, MD CPS PC e os menores (P<0,05) valores foram encontrados nos leitões recebendo a dieta MD CPS (controle). De forma contrária, os teores de matéria mineral nas fezes, para ambas as fases, foram maiores (P<0,05) nas fezes dos animais que consumiram a dieta MD CPS (controle), e os menores naqueles das dietas contendo milho comum. Embora a excreção total de sólidos totais, sólidos voláteis e matéria mineral possua correlação positiva com a ingestão de fibra por suínos (MASSÉ et al., 2003), sua porcentagem nas fezes pode não ser influenciada.

Neste trabalho os resultados encontrados para estas variáveis podem estar relacionados com os teores de material inerte (caulim) adicionado às dietas e não à sua

composição em fibra. Para a excreção de nitrogênio, também em ambas as fases estudadas, verificou-se os maiores ($P < 0,05$) valores nas fezes dos leitões que receberam as dietas contendo milho degerminado em relação àqueles alimentados com as dietas com milho comum. Com relação às excreções de cálcio, fósforo, potássio, zinco e cobre, observou-se que, de modo geral, os menores ($P < 0,05$) valores foram encontrados nas fezes dos leitões que receberam as dietas MD CPS PC, MC FS e MC CPS, quando comparadas às dietas MD CPS e MD FS, com exceção do fósforo na fase I.

A relação entre a fibra dietética e a disponibilidade de minerais depende do tipo de fibra ingerida (VAQUERO, 2000) e de fatores como hidratação e viscosidade da digesta, capacidade de ligação iônica, atividade bacteriana, entre outros (VAN SOEST, 1984), e por esses motivos são encontrados resultados inconsistentes na literatura sobre este tema (RAUPP et al., 2002; METZLER e MOSENTHIN, 2008).

Componentes da fibra dietética como o ácido urônico, grupo carboxil e compostos fenólicos, ligam-se aos minerais (Kornegay e Moore, 1986, citados por LEWIS e SOUTHERN, 2001) deixando-os indisponíveis, aumentando sua excreção. Isto foi confirmado por JAMES et al. (1978) e BAGHERI e GUÉGUEM (1985) que verificaram aumento da excreção de minerais quando adicionaram à dieta de suínos em crescimento, pectina como fonte de fibra, e justificaram este resultado em função da pectina conter ácido urônico em sua composição e este possuir afinidade por esses compostos. O mesmo foi observado por STANOGLIAS et al. (1994) quando elevaram o conteúdo de FDN de 7 para 36%, pela adição de casca de soja, milho, ervilha e aveia às dietas de suínos.

Porém, observou-se no presente trabalho que as dietas com os maiores teores de fibra e OL's proporcionaram menores porcentagens de minerais nas fezes. Isto pode ser explicado devido à diminuição do pH da digesta, decorrente da produção de AGCC pela fermentação da fibra, aumentando a solubilidade dos minerais, provocando aumento de sua absorção (RÉMÉSY et al., 1993). Outro ponto é que a maior parte da absorção dos minerais acontece no intestino delgado, no entanto, em estudos realizados com ratos, DEMIGNÉ et al. (1989) constataram que fontes de fibras

fermentáveis podem aumentar sua absorção no intestino grosso, pelo fato dos microrganismos poderem quebrar as estruturas formadas pela ligação dos minerais aos componentes da fibra dietética, disponibilizando-os (LARSEN e SANDSTROM, 1993). Outro fator a ser considerado é de que minerais também são excretados pela urina (PARTRIDGE, 1980), o que não foi mensurado no presente trabalho.

Na Tabela 13 são apresentados o ganho de peso, as produções totais de fezes e os coeficientes de resíduos encontrados para suínos, de acordo com as diferentes fases e dietas experimentais.

Na fase I nenhum parâmetro avaliado foi afetado ($P > 0,05$) pelas dietas experimentais, com exceção do coeficiente de resíduo da matéria mineral, para o qual observou-se que os maiores ($P < 0,05$) valores foram encontrados para os animais que consumiram a dieta MD CPS e os menores ($P < 0,05$) valores recebendo as dietas MC FS, MC CPS e MD FS, enquanto os leitões consumindo a dieta MD CPS PC apresentaram intermediários, não diferindo ($P > 0,05$) de todos os demais. Para a mesma variável na fase II, os maiores ($P < 0,05$) valores foram verificados para os leitões que receberam as dietas MD CPS e MD CPS PC, em relação aos demais. Às dietas MD CPS (controle) e MD CPS PC foi adicionado caulim, o que pode explicar os valores encontrados para essa variável.

Os coeficientes de sólidos voláteis foram afetados ($P < 0,05$) pelas diferentes dietas experimentais na fase II, sendo que os leitões que receberam as dietas MC FS e MC CPS apresentaram as maiores ($P < 0,05$) médias em relação aos que consumiram as dietas MD CPS e MD FS. Estes resultados estão de acordo com os verificados para os coeficientes de digestibilidade da matéria orgânica encontrados neste trabalho, sendo que as dietas MC FS e MC CPS tiveram seus coeficientes cerca de 6% inferiores em relação às demais. MASSÉ et al. (2003) observaram resultados similares quando verificaram aumentos de 7 e 14% na excreção de sólidos voláteis por matrizes suínas alimentadas com dietas contendo 23 e 28% de FDN, respectivamente, em relação àquelas recebendo dieta com teor de 8%.

Tabela 13. Ganho de peso, produção total de fezes (na matéria seca) e coeficientes de resíduos (CR) de suínos em função das diferentes fases e dietas experimentais.

Ganho de peso, produção de fezes e coeficientes dos resíduos	Dietas experimentais ²					CV ³ (%)	P
	MD CPS (controle)	MD FS	MD CPS PC	MC FS	MC CPS		
Fase I¹							
Ganho de peso, kg	13,65	12,33	10,39	14,26	11,78	28,41	0,3734
Produção de fezes, g	2041,40	1686,00	1557,10	2204,70	2140,90	37,26	0,4491
CRST, g/kg	149,29	136,25	164,61	157,33	201,74	38,38	0,4315
CRSV, g/kg	93,88	108,25	125,41	135,64	172,28	39,46	0,1143
CRMM, g/kg	54,40a	26,00b	39,20ab	21,68b	29,28b	38,21	0,0024
CRN, g/kg	8,64	8,35	9,93	9,50	8,98	37,62	0,7096
CRCa, g/kg	3,21	2,42	2,44	2,57	3,58	39,82	0,3389
CRP, g/kg	1,34	1,60	1,38	1,41	2,14	37,50	0,2919
CRK, g/kg	1,03	0,75	0,94	0,92	0,95	34,38	0,6356
CRZn, mg/kg	68,62	68,95	62,89	55,59	75,91	33,81	0,7622
CRCu, mg/kg	21,18	20,10	16,02	13,40	19,46	40,87	0,3411
Fase II¹							
Ganho de peso, kg	20,08	21,08	15,78	20,05	18,06	18,47	0,1382
Produção fezes, g	2694,90	2043,10	2684,30	3593,10	3673,90	36,42	0,0766
CRST, g/kg	135,56	129,68	171,89	175,17	210,96	27,75	0,0684
CRSV, g/kg	84,72b	92,36b	127,99ab	150,82a	160,00a	28,48	0,0063
CRMM, g/kg	50,84a	21,32b	43,89a	24,35b	26,97b	32,27	0,0007
CRN, g/kg	8,24	7,50	10,37	8,40	9,05	26,13	0,3324
CRCa, g/kg	3,85	2,92	2,32	2,72	3,34	48,88	0,4702
CRP, g/kg	1,05	1,29	1,33	1,50	1,81	29,95	0,0760
CRK, g/kg	1,29	0,66	1,08	1,09	1,11	37,93	0,1721
CRZn, mg/kg	60,88	62,44	73,19	64,64	73,30	30,42	0,7507
CRCu, mg/kg	11,94	15,62	12,26	12,15	15,04	32,91	0,7090

¹Fase I – dos 17,28 ± 1,57 aos 29,92 ± 4,13 kg; Fase II – dos 29,92 ± 4,13 aos 48,37 ± 6,56 kg; ²MD CPS (controle) – dieta composta principalmente por milho degeminado e concentrado proteico de soja; MD FS – dieta composta principalmente por milho degeminado e farelo de soja; MD CPS PC – dieta composta principalmente por milho degeminado, concentrado proteico de soja e polpa cítrica; MC FS – dieta composta principalmente por milho comum e farelo de soja; MC CPS – dieta composta principalmente por milho comum e concentrado proteico de soja; ³Coefficientes de variação; Médias seguidas da mesma letra na linha, não diferem entre si pelo teste de Student-Newman-Keuls (P>0,05).

Embora os coeficientes do fósforo não tenham sido influenciados (P>0,05) pelas dietas experimentais, na fase II, os animais alimentados com a dieta MC CPS excretaram 76g de fósforo a mais por quilograma de ganho de peso comparados aos que receberam a dieta MD CPS (controle), sendo que a primeira contém 16,60% de

fibra dietética contra os 13,28% da última. Resultados semelhantes foram encontrados por VANHOOF e SHRIJVER (1996) e NORTEY et al. (2007) e podem ser explicados devido à maior incorporação de fósforo por bactérias no trato gastrointestinal dos animais alimentados com maiores teores de fibra, deixando-o indisponível para absorção (METZLER e MOSENTHIN, 2008).

CONCLUSÕES

As dietas contendo milho degerminado, independente da fonte proteica utilizada, apresentaram os melhores coeficientes de digestibilidades dos nutrientes e da energia, porém resultaram em maiores teores de minerais nas fezes.

A inclusão de polpa cítrica, rica em de fibra solúvel, proporcionou queda do pH no colón dos animais, bem como maior peso relativo do intestino grosso.

REFERÊNCIAS

ANGUITA, M.; CANIBE, N.; PÉREZ, J. F.; JENSEN, B. B. Influence of the amount of dietary fiber on the available energy from hindgut fermentation in growing pigs: Use of cannulated pigs and in vitro fermentation. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 84, p. 2766-2778, 2006.

AOAC-ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official Methods of Analysis**. 16ed. Arlington: Patricia Cunnif, 1995, 1025p.

AWATI, A.; WILLIAMS, B. A.; BOSCH, M. W.; GERRITS, W. J. J.; VERSTEGEN, M. W. A. Effect of inclusion of fermentable carbohydrates in the diet on fermentation end-product profile in feces of weanling piglets. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 84, p. 2133-2140, 2006.

BACH KNUDSEN, K. E; HANSEN, I. Gastrointestinal implications in pigs of wheat and oat fractions. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 65, p. 217-232, 1991.

BACH KNUDSEN, K. E. The nutritional significance of “dietary fibre” analyses. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 90, p. 3-20, 2001.

BAGHERI, S.; GUÉGUEN, L. Effect of wheat bran and pectin on the absorption and retention of phosphorus, calcium, magnesium and zinc by the growing pig. **Reproduction Nutrition Development**, Cambridge, v. 25, p. 705-716, 1985.

BELLAVER, C. Processamento da soja e suas implicações na alimentação de suínos e aves. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 1999, Londrina. **Anais...** Londrina: Embrapa Soja, p. 183-199, 1999.

BERTOL, T. M.; LUDKE, J. V.; MORES, N. Efeito de diferentes fontes protéicas sobre desempenho, composição corporal e morfologia intestinal de leitões. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, p. 1735-1742, 2000.

BIKKER, P.; DIRKZWAGER, A.; FLEDDERUS, J.; TREVISI, P.; LE HUEROU-LURON, I.; LALLES, J. P.; AWATI, A. The effect of dietary protein and fermentable carbohydrates levels on growth performance and intestinal characteristics in newly weaned piglets. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 84, p. 3337-3345, 2006.

BINDELLE, J.; LETERME, P.; BULDGEN, A. Nutritional and environmental consequences of dietary fibre in pig nutrition: a review. **Biotechnology, Agronomy, Society and Environment**, Gembloux, v. 12, p. 69-80, 2008.

BRASIL, A. P. R.; REZENDE, S. T.; PELÚZIO, M. C. G.; GUIMARÃES, V. M. Removal of oligosaccharides in soybean flour and nutritional effects in rats. **Food Chemistry**, Amsterdam, v. 118, p. 251-255, 2009.

CHOW, J. M. Probiotics and prebiotics: A brief overview. **Journal of Renal Nutrition**, San Francisco, v. 12, p. 76-86, 2002.

DEMIGNÉ, C.; LEVRAT, M. A.; RÉMÉSY, C. Effects of feeding fermentable carbohydrates on the cecal concentrations of minerals and their fluxes between the cecum and blood plasma in the rat. **The Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 119, p. 1625-1630, 1989.

ERWIN, E. S.; MARCO, G. J.; EMERY, E. M. Volatile fatty acid analyses of blood and rumen fluid by gas chromatography. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 44, n. 9, p. 1768-1771, 1961.

EVERITT, B. S. The Cambridge Dictionary of Statistics. In: **The Medical Sciences**, 2. ed., Cambridge: Cambridge University Press, 1998, 360p.

GILL, B. P.; MELLANGE, J.; ROOKE, J. A. Growth performance and apparent nutrient digestibility in weaned piglets offered wheat-, barley- or sugar-beet pulp-based diets supplemented with food enzymes. **Animal Science**, Wallingford, v. 70, p. 107-118, 2000.

GUIMARÃES, V. M.; REZENDE, S. T.; MOREIRA, M. A.; BARROS, E. G.; FELIX, C. R. Characterization of α -galactosidases from germinating soybean seed and their use for hydrolysis of oligosaccharides. **Phytochemistry**, Amsterdam, v. 58, p. 67-73, 2001.

HEDEMANN, M. S.; ESKILDSEN, M.; LAERKE, H. N.; PEDERSEN, C.; LINDBERG, J. E.; LAURINEN, P.; BACH KNUDSEN, K. E. Intestinal morphology and enzymatic activity in newly weaned pigs fed contrasting fiber concentrations and fiber properties. **Journal of Animal Science**. Champaign, v. 84, p. 1375-1386, 2006.

HERMES, R. G.; MOLIST, F.; YWAZAKI, M.; NOFRARÍAS, M.; GOMEZ DE SEGURA, A.; GASA, J.; PÉREZ, J. F. Effect of dietary level of protein and fiber on the productive performance and health status of piglets. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 87, p. 3569-3577, 2009.

JAMES, W. P. T.; BRANCH W. J.; SOUTHGATE D. A. T. Calcium binding by dietary fibre. **The Lancet**, London, v. 311, p. 638-649, 1978.

JOHNSTON, L. J.; NOLL, S.; RENTERIA, A.; SHURSON, J. Feeding by-products high in concentration of fiber to nonruminants. Third National on Alternative Feeds for Livestock and Poultry, **Symposium...**Kansas City, November, 2003. Não paginado.

JONSSON, E.; CONWAY, P. Probiotics for pigs. In: FULLER, R. (Ed.) **Probiotcs**: the scientific basis. London: Chapman e Hall, v. 11, p. 259-315, 1992.

JORGENSEN, H.; LARSEN, T.; ZHAO X. Q.; EGGUM, B. O. The energy value of short-chain fatty acids infused into the caecum of pigs. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 77, p. 745-756, 1997.

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, p. 1-12, 2005.

LARSEN, T.; SANDSTROM, B. Effect of dietary calcium level on mineral and trace element utilization from a rapeseed (*Brassica napus L.*) diet fed to ileum-fistulated pigs. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 69, p. 211-224, 1993.

LEWIS, A. J.; LEE SOUTHERN, L. **Swine Nutrition**. 2 ed. CRC Press, Boca Raton, Florida. 2001, 1009p.

LI, D. F.; NELSEN, J. L.; REDDY, P. G.; BLECHA, F.; KLEMM, R. D.; GIESTING, D. W.; HANCOCK, J. D.; ALLEE, G. L.; GOODBAND, R. D. Measuring suitability of soybean products for early-weaned pigs with immunological criteria. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 69, p. 3299-3307, 1991.

LIYING, Z.; LI, D.; QIAO, S.; JOHNSON, E. W.; LI, B.; THACKER, P. A.; HAN, I. K. Effects of stachyose on performance, diarrhea incidence and intestinal bacteria in weanling pigs. **Archives of Animal Nutrition**, Gembloux, v. 57, p. 1-10, 2003.

MARCATO, S. M.; LIMA, G. J. M. M. Efeito da restrição alimentar como redutor do poder poluente dos dejetos de suínos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 3, p. 855-863, 2005.

MASSÉ, D. I.; CROTEAU, F.; MASSE, L.; BERGERON, R.; BOLDUC, J.; RAMONET, Y.; MEUNIER-SALAUN, M. C.; ROBERT, S. Effect of dietary fiber incorporation on the characteristics of pregnant sows slurry. **Canadian Biosystems Engineering**, Quebec, v. 45, p. 6-13, 2003.

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, p. 487-498, 2001.

METZLER, B. U.; MOSENTHIN, R. A review of interactions between dietary fiber and the gastrointestinal microbiota and their consequences on intestinal phosphorus metabolism in growing pigs. **Asian-Australian Journal of Animal Sciences**, Seoul, v. 21, p. 603-615, 2008.

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, p. 2629-2638, 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, p. 95-117, 2003.

NOBLET, T.; LE GOFF, G. Effect of dietary fibre on the energy value of feeds for pigs. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam v. 90, p. 35-52, 2001.

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

OWUSU-ASIEDU, A.; PATIENCE, J. F.; LAARVELD, B.; VAN KESSELI, A. G.; SIMMINS, P. H.; ZIJLSTRA, R. T. Effects of guar gum and cellulose on digesta passage rate, ileal microbial populations, energy and protein digestibility, and performance of grower pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 84, p. 843-852, 2006.

PARTRIDGE, I. G. Mineral nutrition of the pig. **Proceedings of the Nutrition Society**, Cambridge, v. 39, p. 85-93, 1980.

PASCOAL, L. A. F. **Fontes de fibra para leitões recém desmamados**. 2009, 89p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2009.

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, p. 281-294, 1999.

PETTERSSON, A.; LINDBERG, J. E. Ileal and total tract digestibility in pigs of naked and hulled barley with different starch composition. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 66, p. 97-109, 1996.

PLUSKE, J. R.; DURMIC, Z.; PETHICK, D. W.; MULLAN, B. P.; HAMPSON, D. J. Confirmation of the role of old rapidly fermentable carbohydrates in the expression of swine dysentery in pigs after experimental infection. **The Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 128, p. 1737-1744, 1998.

PLUSKE, J. R.; BLACK, B.; PETHICK, D. W.; MULLAN, B. P.; HAMPSON, D. J. Effects of different sources and levels of dietary fibre in diets on performance, digesta characteristics and antibiotic treatment of pigs after weaning. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 107, p. 129-142, 2003.

RAUPP, D. S.; MARQUES, S. H. P.; ROSA, D. A.; CALDI, C. M.; CREMASCO, A. C. V.; BANZATTO, D. A. Arraste via fecal de nutrientes da ingestão produzido por bagaço de mandioca hidrolisado. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 59, p. 235-242, 2002.

RÉMÉSY, C.; LEVRAT, M. A.; GAMET, L.; DEMIGNÉ, C. Cecal fermentations in rats fed oligosaccharides (inulin) are modulated by dietary calcium level. **American Journal of Physiology**, Bethesda, v. 264, p. 855-862, 1993.

ROSSI, F.; MORLACCHINI, M.; GATTI, P.; SARA SOLDI, S.; CALLEGARI, M. L.; PIVA, G. Effects of a glucooligosaccharide supplement on the morphological characteristics of

the gastro-intestinal tract and growth performance in weaned piglets. **Italian Journal of Animal Science**, Pavia, v. 7, p. 185-198, 2008.

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 dos alimentos e exigências nutricionais. 2. ed., Viçosa: UFV, 2005, 186p.

SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S. **Métodos de Pesquisa em Nutrição de Monogástricos**, Jaboticabal: FUNEP, 2007, 283p.

SAS INSTITUTE. SAS user`s guide: statistic – Cary: Institute, 1998.

SILVA, F. A. M.; QUEIRÓZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa: UFV, 2002, 235p.

SILZ, L. Z. **Fontes de proteína para leitões em fase inicial de crescimento**. 2000. 65p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal. 2000.

SMIRICKY-TJARDES, M. R.; GRIESHOP, C. M.; FLICKINGER, E. A.; BAUER, L. L. Dietary galactoligosaccharides affect ileal and total-tract nutrient digestibility, ileal and fecal bacterial concentrations, and ileal fermentative characteristics of growing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 81, p. 2535-2545, 2003.

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, p. 93-102, 2001.

STANOGLIAS, G.; PEARCE, G. R.; ALIFAKIOTIS, T.; MICHAELIDIS, J.; PAPPA-MICHAELIDIS, B. Effects of dietary concentration and source of fiber on the apparent absorption of minerals by pigs. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 47, p. 287-299, 1994.

TOLOSA, E. M. C.; RODRIGUES, C. J.; BEHMER, O. A.; FREITAS-NETO, A. G. **Manual de técnicas para histologia normal e patológica**. 2. ed. Manole, São Paulo, 2003, 331p.

VANHOOF, K.; SHRIJVER, R. Availability of minerals in rats and pigs fed non-purified diets containing inulin. **Nutrition Research**, Amsterdam v. 16, p. 1017-1022, 1996.

VAN KEMPEN, T. A. T. G.; VAN HEUGTEN, E.; MOESER, A. J.; MULEY, N. S.; SEWALT, V. J. H. Selecting soybean meal characteristics preferred for swine nutrition. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 84, p. 1387-1395, 2006.

VAN SOEST, P. J. Some physical characteristics of dietary fiber and their influence on the microbial ecology of the human colon. **Proceedings of the Nutrition Society**, Cambridge, v. 43, p. 25-33, 1984.

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal Dairy Science**, Champaign, v. 74, p. 3583-3597, 1991.

VAQUERO, M. P.; PEREZ-OLLEROS, L.; GARCIA-CUEVAS, M.; VELDHUIZEN, M.; RUIZ-ROSO, B.; REQUEJO, A. Mineral absorption of diets containing natural carob fiber compared to cellulose, pectin and various combinations of these fibers. **Food Science and Technology International**, Thousand Oaks, v. 6, p. 463-478, 2000.

VAREL, V. H.; YEN, J. T. Microbial perspective on fiber utilization by swine. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 75, p. 2715-2722, 1997.

WEBER, T. E.; TRABUE, S. L.; ZIEMER, C. J.; KERR, B. J. Evaluation of elevated dietary corn fiber from corn germ meal in growing female pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 88, p. 192-201, 2010.

WENK, C. The role of dietary fibre in the digestive physiology of the pig. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 90, p. 21-33. 2001.

WILFART, A.; MONTAGNE, L.; SIMMINS, P. H.; VAN MILGEN, J.; NOBLET, J. Sites of nutrient digestion in growing pigs: Effect of dietary fiber. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 85, p. 976-983, 2007.

YEN, J. T.; NIENABER, J. A.; HILL, D. A.; PEKAS, J. C. Oxygen consumption by portal vein-drained organs and by the whole animal in conscious growing swine. **Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine**, Malden, v. 190, p. 393-398, 1989.