

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

**FIBRA DE CANA-DE-AÇÚCAR NA ALIMENTAÇÃO DE
LEITÕES RECÉM-DESMAMADOS**

Ysenia Victoria Silva Guillen

Engenheira Zootecnista

2014

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

**FIBRA DE CANA-DE-AÇÚCAR NA ALIMENTAÇÃO DE
LEITÕES RECÉM-DESMAMADOS**

Ysenia Victoria Silva Guillen

Orientadora: Profa. Dra. Maria Cristina Thomaz

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

2014

Silva Guillen, Ysenia Victoria
S586f Fibra de cana-de-açúcar na alimentação de leitões recém-
desmamados / Ysenia Victoria Silva Guillen. -- Jaboticabal, 2014
xiii, 60 p. : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2014
Orientadora: Maria Cristina Thomaz
Banca examinadora: Luciano Hauschild, Fabio Enrique Lemos
Budiño
Bibliografia

1. Leitões desmamados. 2. Fibra dietética. 3. Saúde intestinal. I.
Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 636.084:636.4

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



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

CAMPUS DE JABOTICABAL

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS DE JABOTICABAL

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: FIBRA DE CANA-DE-AÇÚCAR NA ALIMENTAÇÃO DE LEITÕES RECÉM-DESMAMADOS

AUTORA: YSENIA VICTORIA SILVA GUILLEN

ORIENTADORA: Profa. Dra. MARIA CRISTINA THOMAZ

Aprovada 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


Prof. Dr. LUCIANO HAUSCHILD
Departamento de Zootecnia / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal


Prof. Dr. FABIO ENRIQUE LEMOS BUDINO
Instituto de Zootecnia / Nova Odessa/SP

Data da realização: 09 de maio de 2014.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Ysenia Victoria Silva Guillen – Filha de Victor Alfonso Silva Ramirez e Emiliana Victoria Guillen Sivrliche, nasceu no dia 6 de março de 1985, na cidade de Lima no país de Perú. Ingressou no curso de Zootecnia em Agosto de 2004 na Faculdade de Zootecnia da Universidad Nacional Agraria La Molina em Lima-Perú e graduou-se em dezembro de 2009. Durante os anos 2005 até o 2009 foi bolsista do Programa de Investigación y Proyección Social en Cerdos sob a orientação da Eng. Zoot. Carmen Alvarez Sacio. Em janeiro do ano 2010 começou a realização da tese para a obtenção do Título de Engenheira Zootecnista, o qual foi obtido em julho do ano 2011. Em março de 2012 iniciou o curso de Mestrado da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias/Unesp - Câmpus de Jaboticabal, onde foi bolsista pela CNPq a traves do Programa de estudante – convênio de Pós graduação (PEC-PG), obtendo o título de Mestre em Zootecnia no dia 09 de maio de 2014.

“A persistência é o menor caminho do êxito”.

Charles Chaplin

DEDICO

Ao meu pai, Victor Alfonso Silva Ramirez a minha mãe, Emiliana Victoria Guillen
Siviriche, pelo exemplo de vida, apoio, carinho e conselhos;

Aos meus irmãos Ivan, Emily e Kevin pela amizade e apoio;

A minha Po! pela companhia e amizade durante 11 anos da minha vida

AGRADECIMENTOS

A Deus por me acompanhar no meu caminho de vida e por me demonstrar que si se luta com muito esforço, vontade e trabalho as coisas sempre dão certo.

Ao meu pai e a minha mãe pelo apoio, paciência, conselhos e por celebrar minhas conquistas pessoais. A toda minha família e amigos pelo apoio e energias positivas enviadas.

A professora Maria Cristina Thomaz que me acolheu durante o curso de Mestrado, pela orientação, ensinamentos e oportunidades. Minha eterna gratidão!

Aos professores doutores que participaram das bancas de qualificação e defesa, Vivian Vezzoni de Almeida, Luciano Hauschild, Fabio Enrique Lemos Budiño pela colaboração com a presente dissertação.

A Vivian Vezzoni de Almeida pelo apoio, confiança, amizade e pelos bons momentos compartilhados. Minha enorme gratidão, apreço e admiração pelo exemplo de profissionalismo e competência.

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 concedido.

Ao Programa de Estudantes-Convênio de Pós-Graduação - PEC-PG do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq pela bolsa de estudos concedida.

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, à Claudinha do Laboratório de Microscopia de Varredoura e a Xica do Laboratório de Histopatologia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias-Unesp pelos ensinamentos e colaboração.

Aos membros do grupo de estudos e pesquisa SUINESP, Vivian, Everton, Maryane, Marco, Daniela, Manuela, Fabrício Castellini e Fabrício Faleiros fundamentais para a realização deste trabalho.

A Vanessa Amaro pela amizade, pela ajuda e conselhos.

Aos meus amigos Taly, Renato, Camila, Rosângela, Fernanda, Dasmiliá, Belen, Hilda, Helenita, Andres, Oniel e Jeff pelos bons momentos compartilhados!

Aos leitões que formaram parte nesse trabalho já que sem eles nada disso houvesse sido possível. Vocês foram bons parceiros!

A todas as pessoas que diretamente o indiretamente fizeram que minha estada no Brasil seja uma das melhores experiências da minha vida. Muito obrigada.

SUMÁRIO

	Página
CERTIFICADO DA COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS	iii
RESUMO.....	iv
SUMMARY.....	vi
CAPITULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS	
INTRODUÇÃO.....	1
REVISÃO DE LITERATURA.....	3
REFERÊNCIAS.....	8
CAPITULO 2 - FIBRA DE CANA-DE-AÇÚCAR NA ALIMENTAÇÃO DE LEITÕES RECÉM-DESMAMADOS: DESEMPENHO ANIMAL, INCIDÊNCIA DE DIARREIA E TEMPO DE TRÂNSITO GASTRINTESTINAL	
RESUMO.....	15
SUMMARY.....	16
INTRODUÇÃO.....	17
MATERIAL E MÉTODOS.....	18
RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
CONCLUSÕES.....	28
REFERÊNCIAS.....	28

CAPÍTULO 3 - FIBRA DE CANA-DE-AÇÚCAR NA ALIMENTAÇÃO DE LEITÕES RECÉM-DESMAMADOS: PESO DOS ÓRGÃOS DO SISTEMA DIGESTÓRIO E CARACTERÍSTICAS MORFOFISIOLÓGICAS E MICROBIOLÓGICAS DO TRATO GASTRINTESTINAL

RESUMO.....	34
SUMMARY.....	36
INTRODUÇÃO.....	37
MATERIAL E MÉTODOS.....	38
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	44
CONCLUSÕES.....	55
REFERÊNCIAS.....	55

CEUA – COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS

CERTIFICADO

Certificamos que o Protocolo nº 20.732/13 do trabalho de pesquisa intitulado "**Fibra de cana-de-açúcar na alimentação de leitões**", sob a responsabilidade da Profª Drª Maria Cristina Thomaz, está de acordo com os Princípios Éticos na Experimentação Animal, adotado pelo Colégio Brasileiro de Experimentação (COBEA) foi aprovado "Ad-referendum" da COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS (CEUA), em 20 de setembro de 2013.

Jaboticabal, 20 de setembro de 2013.


Prof. Dr. ANDRIGO BARBOZA DE NARDI
Coordenador - CEUA

FIBRA DE CANA-DE-AÇÚCAR NA ALIMENTAÇÃO DE LEITÕES RECÉM-DESMAMADOS

RESUMO – Foram avaliados os efeitos da inclusão de fibra de cana-de-açúcar nas dietas de leitões recém-desmamados sobre o desempenho, a incidência de diarreia, o tempo de trânsito gastrintestinal, o peso dos órgãos do sistema digestório e as características morfofisiológicas e microbiológicas do trato gastrintestinal. Foram utilizados 96 leitões desmamados aos 21 dias de idade e com peso médio inicial de $6,67 \pm 0,63$ kg em um experimento em blocos completos ao acaso, com quatro tratamentos, oito repetições por tratamento e três animais por unidade experimental. Os tratamentos consistiram de quatro níveis (0, 1, 2 e 3%) de inclusão de fibra de cana-de-açúcar. Aos 35 dias de idade, um animal (peso médio final de $8,24 \pm 0,63$ kg) por unidade experimental foi abatido para a avaliação do peso dos órgãos (estômago, intestino delgado, ceco e cólon) e da histologia intestinal (altura das vilosidades, profundidade das criptas, relação altura das vilosidades e profundidade das criptas, número de células caliciformes e densidade de vilosidades). Amostras dos conteúdos do intestino delgado, ceco e cólon foram coletadas para mensurar o pH e a viscosidade. As concentrações de ácidos graxos de cadeia curta (acético, propiônico e butírico) foram determinadas nos conteúdos do intestino delgado e do ceco. No conteúdo do intestino delgado foram realizadas as contagens bacterianas (*Lactobacillus* spp., *Escherichia coli* e *Clostridium perfringens*). Dos 21 aos 35 dias de idade, o ganho diário de peso ($P = 0,009$) e o consumo diário de ração ($P = 0,014$) aumentaram linearmente com o aumento nos níveis de inclusão de fibra de cana-de-açúcar. Embora o tempo de trânsito gastrintestinal, a incidência de diarreia, o pH, a viscosidade, o peso dos órgãos e a microbiologia intestinal não tenham sido afetados ($P > 0,05$) pelos tratamentos, houve aumento linear nas concentrações dos ácidos propiônico ($P = 0,006$) e butírico ($P < 0,01$) no ceco dos animais com o aumento da inclusão de fibra nas dietas. Houve redução linear ($P = 0,003$) na relação altura das vilosidades e profundidade das criptas no duodeno e aumento linear ($P = 0,028$) na profundidade das criptas no jejuno dos

animais com o aumento da inclusão de fibra nas dietas. Conclui-se que a adição de fibra de cana-de-açúcar em níveis de até 3% nas dietas de leitões recém-desmamados melhora o desempenho dos animais dos 21 aos 35 dias de idade e estimula a produção dos ácidos propiônico e butírico no ceco, porém compromete a histologia do epitélio intestinal.

Palavras-chave: desempenho, desmame, fibra dietética, saúde intestinal

SUGARCANE FIBER IN THE DIETS OF WEANLING PIGLETS

SUMMARY - Were evaluated the effects of sugarcane fiber inclusion in the diets of weanling piglets on performance, incidence of diarrhea, gastrointestinal transit time, digestive organs weight, and morphophysiological and microbiological traits of the gastrointestinal tract. Ninety-six barrows weaned at 21 days of age and initial body weight of 6.67 ± 0.63 kg were used in a randomized complete block design with four treatments, eight replicates per treatment and three pigs per experimental unit. Dietary treatments consisted of 0, 1, 2, or 3% sugarcane fiber inclusion. At 35 days of age, one animal (final body weight of 8.24 ± 0.63 kg) per experimental unit was slaughtered to evaluate organs weight (stomach, small intestine, cecum, and colon) and intestinal histology (villus height, crypt depth, villus-to-crypt ratio, number of goblet cells and villus density). Digesta samples from the small intestine, cecum, and colon were collected to measure pH and viscosity. Short-chain fatty acids concentrations (acetic, propionic, and butyric acids) were determined in digesta samples from the small intestine and cecum. *Lactobacillus* spp., *Escherichia coli*, and *Clostridium perfringens* counts were determined in digesta samples from the small intestine. From 21 at 35 days of age, average daily gain ($P = 0.009$) and average daily feed intake ($P = 0.014$) increased linearly with the increasing sugarcane fiber levels. Although the treatments did not affect ($P > 0.05$) gastrointestinal transit time, incidence of diarrhea, pH, viscosity, organs weight, and intestinal microbiology, there was a linear increase in cecal propionic ($P = 0.006$) and butyric ($P < 0.01$) acids concentrations with increasing sugarcane fiber inclusions. Increasing dietary sugarcane fiber levels resulted in a linear decrease ($P = 0.003$) in duodenal villus-to-crypt ratio and in a linear increase ($P = 0.028$) in crypt depth in the jejunum. In conclusion, adding up to 3% of sugarcane fiber to the diets of weanling piglets improves performance of animals from 21 to 35 days of age and stimulates the production of propionic and butyric acids in the cecum, but compromises intestinal epithelium histology. **Keywords:** dietary fiber, intestinal health, performance, weaning

CAPITULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS

INTRODUÇÃO

O desmame é um período crítico para os leitões e, geralmente, está associado ao baixo consumo de ração, perda de peso e grandes mudanças na estrutura e função do trato gastrointestinal. A baixa capacidade dos leitões recém-desmamados em acidificar o meio gastrointestinal e a presença de alimentos não digeridos no trato digestório, principalmente proteínas, favorecem a proliferação de bactérias patogênicas, causadoras da diarreia pós-desmame (MOLIST et al., 2009), o que pode ocasionar atrofia das vilosidades e hiperplasia das criptas (WIJTEN et al., 2011). Estas modificações morfológicas são causadas pela maior taxa de perda celular ou pela diminuição na renovação das células (PLUSKE et al., 1997). HAMPSON (1986) demonstrou que leitões desmamados aos 21 dias apresentaram redução de 75% no tamanho das vilosidades intestinais (de 940 para 694 μm) num período de 24 horas após o desmame.

O emprego de antimicrobianos como aditivos promotores de crescimento na nutrição animal vem sendo praticado por muito tempo na tentativa de contornar os distúrbios entéricos após o desmame de leitões. Entretanto, seu uso foi proibido em 2006 na União Europeia, em virtude da possibilidade do desenvolvimento de resistência bacteriana e das preocupações dos consumidores quanto à segurança alimentar (VONDRUSKOVA et al., 2010; ZANGERONIMO et al., 2011).

Para evitar problemas de morbidade, mortalidade e baixo desempenho provocados, principalmente, pelo declínio na saúde intestinal de leitões recém-desmamados, o uso de ingredientes fibrosos tem se destacado como uma alternativa aos antimicrobianos promotores de crescimento. Diversos estudos têm demonstrado que a utilização de fibra promove efeito fisiológico benéfico e melhora a saúde intestinal de leitões recém-desmamados (FONTY e GOUET, 1989; WENK, 2001; WANG et al., 2003; WILFART et al., 2007; PETERSSON et al., 2010).

As respostas, aos níveis fisiológico e produtivo dos animais, a partir da inclusão de fibra dietética nas rações, são influenciadas pela composição da dieta basal, como constataram MATEOS et al. (2012). Dessa forma, é necessário estudar a inclusão de ingredientes fibrosos em dietas à base de milho e farelo de soja (principais ingredientes utilizados no Brasil) para leitões na fase inicial, pois grande parte das pesquisas com o uso de fibra foram realizadas na Europa, onde as dietas são baseadas em cereais de inverno como, por exemplo, farelo de trigo, farelo de cevada, arroz e aveia.

O estado de São Paulo é o maior produtor de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) do Brasil, sendo que a safra de 2012/2013 chegou a uma produção de 329,923 mil toneladas, representando 56,06% da produção nacional (UNICA, 2014). Segundo CORTEZ et al. (1992), dentre os principais coprodutos da cana-de-açúcar encontram-se a ponta de cana, a palha, a torta de filtro, a levedura, a vinhaça, o melaço e o bagaço (fibra de cana-de-açúcar), o qual é fonte de fibra insolúvel. Segundo COSTA E BOCCHI (2012), para cada tonelada de cana-de-açúcar processada obtém-se 320 kg de fibra de cana-de-açúcar, portanto, 105,575 mil toneladas desse coproduto foram produzidas em 2013.

Diante do exposto, objetivou-se avaliar os efeitos da inclusão de fibra de cana-de-açúcar na dieta de leitões recém-desmamados sobre o desempenho animal, o tempo de trânsito gastrintestinal, a incidência de diarreia, o peso dos órgãos do sistema digestório e as características morfofisiológicas e microbiológicas do trato gastrintestinal.

REVISÃO DE LITERATURA

Aspectos nutricionais no período pós-desmame

Com o intuito de melhorar a produtividade do sistema de produção intensiva de suínos, os leitões são desmamados precocemente aos 21 dias de idade. Essa prática de manejo ocasiona múltiplos fatores estressantes ao leitão recém-desmamado, tais como separação da mãe, mudança da dieta líquida para sólida, mudança de instalações e temperatura ambiente e reagrupamento social. Assim, durante esse período, podem ser observados redução da capacidade de ingestão de ração, perda de peso e aparecimento de transtornos gastrintestinais (SOUZA e LANDIN, 1997).

No período pós-desmame, o leitão deve se adaptar rapidamente ao consumo de um alimento seco e com novo padrão de apreensão. Além disso, a gordura do leite e a lactose, principais fontes energéticas no período de aleitamento, são substituídas por óleo vegetal e amido (LUDKE et al., 1998). A nova dieta fornecida ao leitão recém-desmamado também é rica em proteínas vegetais, que são menos digestíveis devido à baixa secreção e atividade enzimática nessa fase de vida do animal. Somente a lactose é bem aproveitada após o nascimento devido à presença da lactase. A lactase alcança pico máximo após o nascimento do leitão e começa a diminuir a partir da terceira semana de vida do animal, declinando consideravelmente na oitava semana de vida (THYMAN, 2012). A secreção e atividade das demais carboidrases (maltase, sacarase, amilase) apresentam desenvolvimento com o avanço da idade do animal (JENSEN et al., 1997). Cabe destacar que a presença de alimento no sistema digestório estimula as funções digestivas intestinais por meio da secreção de hormônios e de enzimas digestivas (SOUZA e LANDIN, 1997).

A descamação celular da área apical das vilosidades e a renovação celular (proliferação e diferenciação) que ocorre nas criptas são dois processos que garantem a estrutura e o funcionamento adequados do epitélio intestinal (BANDEIRA et al., 2007). Assim, a diminuição no consumo de ração pelo leitão recém-desmamado está diretamente relacionada à baixa capacidade de absorção dos nutrientes. Isso porque a

interrupção do aporte de nutrientes pode provocar a perda excessiva de células da região apical dos vilos, fato que demanda maior taxa de renovação celular, ocasionando redução na altura das vilosidades e aumento na profundidade das criptas (PLUSKE et al., 1997). Aproximadamente 10% dos leitões recém-desmamados apresentam redução na altura das vilosidades intestinais em decorrência da perda do apetite, pois a ingestão de ração pode iniciar após 48 horas pós-desmame (BROOKS et al., 2001).

O intestino do leitão neonato é colonizado, principalmente, por bactérias, como *Escherichia coli*, *Streptococcus* spp., *Lactobacillus* spp. e *Clostridium* spp., que se encontram em equilíbrio. No entanto, no período após o desmame, a digestão incompleta de carboidratos e proteínas pode propiciar meio rico em substratos para a proliferação de bactérias patogênicas (MOLIST et al., 2014). Além disso, a interrupção da ingestão do leite materno, alimento rico em lactose, acarreta aumento do pH intestinal, o que agrava o desequilíbrio da microbiota intestinal (JENSEN et al., 1997). A rápida proliferação de bactérias patogênicas, como a *Escherichia coli*, e sua adesão na mucosa do epitélio intestinal induz mudanças na permeabilidade e na osmolaridade do conteúdo intestinal, desencadeando os sinais clínicos da diarreia pós-desmame (KIM et al., 2012; MOLIST et al., 2014).

Definição e caracterização da fibra dietética

A União Europeia, no ano 2006, banuiu o uso de aditivos antimicrobianos promotores de crescimento nas rações dos animais, a fim de evitar o surgimento de resistência bacteriana cruzada e promover a segurança alimentar dos consumidores (UTIYAMA et al., 2006). Diante dessa problemática, diversas alternativas nutricionais têm sido estudadas para diminuir os prejuízos na saúde intestinal dos leitões durante o período após o desmame. Dentre essas alternativas, a fibra dietética tem merecido destaque na nutrição de leitões recém-desmamados.

A fibra dietética pode ser definida como a soma dos polissacarídeos não amiláceos, lignina, cutinas, ceras e outros componentes vegetais, os quais não são

digeridos pelas secreções endógenas do trato digestório dos suínos, e sim passível de fermentação microbiana que ocorre, principalmente, no intestino grosso desses animais (TROWELL, 1974; WANG et al., 2003; ANGUITA et al., 2006; PETERSSON et al., 2010). A degradação da fibra, em condições anaeróbias, depende do grau de lignificação, do tamanho da partícula, da solubilidade e da estrutura dos polissacarídeos, sendo que essas características estão relacionadas, por sua vez, com a origem botânica e o tipo de processamento da fibra (BACH KNUDSEN, 2001; LE GOFF et al., 2003).

De forma geral, os produtos finais da fermentação microbiana são os ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), tais como os ácidos acético, propiônico e butírico, os gases, como o dióxido de carbono (CO_2), o hidrogênio (H_2) e o metano (CH_4), a ureia e o calor (NOBLET e LE GOFF, 2001). Os polímeros de glicose são hidrolisados a monômeros por ação das enzimas extracelulares das bactérias colônicas. O metabolismo continua no interior da bactéria com a obtenção de piruvato a partir da glicose. Por fim, o piruvato é convertido em ácidos acético, propiônico e butírico em uma proporção molar de 60:25:15, respectivamente (ESCUADERO e GONZÁLEZ, 2006).

Ressalta-se que o ácido butírico atua como principal fonte de energia para o epitélio intestinal, contribui na regeneração do muco e do tecido, e na formação de bicarbonato de sódio, evitando, assim, os processos diarreicos (MEDEL et al., 1999; ANGUITA et al., 2006). O ácido acético metabolizado no intestino gera a glutamina que atua como combustível do próprio epitélio intestinal. Parte do ácido propiônico que não é metabolizado no intestino é direcionado ao fígado, onde atua como precursor de glicogênio e lipídeos (SOUBA et al., 1985; TODESCO et al., 1991).

Os principais efeitos da fibra dietética são modular o trânsito gastrointestinal, a digestão e a absorção dos nutrientes no intestino delgado. Além disso, ingredientes fibrosos estimulam o desenvolvimento de microrganismos desejáveis, melhorando a saúde intestinal (BACH KNUDSEN, 2001; ANGUITA et al., 2006). O maior incremento de fibra na dieta pode melhorar a atividade da microbiota intestinal, o que estimula a fermentação dos carboidratos ao invés das proteínas não digeridas, reduzindo, assim, os resíduos tóxicos da fermentação proteica como, por exemplo, a amônia e os

compostos fenólicos. Além disso, a fibra ajuda a reduzir a proliferação de bactérias patogênicas e a probabilidade da ocorrência de diarreia na fase inicial de leitões (MOLIST et al., 2009). Sabe-se que a quantidade de microrganismos existentes na parte distal do trato gastrintestinal depende do tipo e da quantidade de fibra dietética ingerida, bem como da composição da dieta basal (MATEOS et al., 2012). Por fim, a fibra dietética regula os movimentos peristálticos dos intestinos delgado e grosso, ajudando a reduzir a constipação (WENK, 2001).

A fibra dietética, segundo o grau de solubilidade em água, pode ser subdividida em duas classes: 1) fibra solúvel, que é viscosa e facilmente fermentada e 2) fibra insolúvel, que não é viscosa e apresenta baixo grau de fermentabilidade (VALENZUELA e MAIZ, 2006). De acordo com suas características, a fibra dietética provoca diferentes efeitos nos processos digestivos e absorptivos do trato gastrintestinal.

Devido à baixa captação de água na sua matriz estrutural, as fibras insolúveis possuem baixa taxa de viscosidade. Com isso, maiores movimentos peristálticos são gerados no intestino, fato que acelera o trânsito da digesta, comprometendo a digestibilidade dos nutrientes da dieta (BACH KNUDSEN, 2001; ESCUDERO e GONZÁLEZ, 2006). Por outro lado, as fibras solúveis formam geis em contato com a água, fato que aumenta a viscosidade e o tempo de trânsito intestinal, retardando a absorção dos nutrientes (MONTAGNE et al., 2003; SARIKHAN et al., 2010).

Utilização de fibra dietética na alimentação de suínos

A fibra insolúvel pode melhorar o desempenho de leitões recém-desmamados. Segundo HANCZAKOWSKA et al. (2008), a inclusão de 2% de celulose purificada promoveu aumento no ganho diário de peso de leitões desmamados aos 35 dias de idade. O estudo de GERRITSEN et al. (2012) demonstrou maior consumo de ração e reduzido número de *Escherichia coli* no conteúdo ileal de leitões que consumiram dietas com palha de trigo e casca de aveia até os 14 dias pós-desmame. Por sua vez, MOLIST et al. (2009) observaram que a adição de 8% de farelo de trigo (fibra insolúvel) na dieta aumentou o ganho de peso de leitões aos 35 dias de idade.

Sabe-se que a inclusão de fibra insolúvel nas dietas influencia os processos digestivos dos animais. MATEOS et al. (2007) demonstraram que a inclusão de 2% de casca de aveia (fibra insolúvel) na dieta de leitões desmamados diminuiu a incidência de diarreia. Da mesma forma, HANCZAKOWSKA et al. (2008) observaram redução na incidência de diarreia em leitões alimentados com dietas contendo 2% de celulose purificada.

Do ponto de vista da produção de AGCC, MATEOS et al. (2012) demonstraram que a adição de 4% de farelo de trigo na dieta de leitões desmamados promoveu maior concentração de ácido acético nas fezes dos animais. De forma semelhante, HANCZAKOWSKA et al. (2008) observaram aumento na produção de ácido acético no conteúdo cecal com a inclusão de 1,5% de celulose purificada na dieta de leitões recém-desmamados quando comparados aos animais que consumiram a dieta controle. É importante mencionar que o ácido acético possui capacidade de reduzir a população de *Escherichia coli* no intestino, fato que contribui para a diminuição das desordens gastrintestinais em leitões (JIN et al., 2000).

A fibra insolúvel diminui o tempo de trânsito gastrintestinal da digesta, auxiliando na digestão dos alimentos com o impedimento da adesão de bactérias patogênicas no epitélio intestinal, sendo, por fim, eliminadas nas fezes (KIM et al., 2012). FREIRE et al. (2000) demonstraram que a inclusão de 20% da combinação dos farelos de alfafa e de trigo nas dietas de leitões desmamados diminuiu o tempo de trânsito gastrintestinal.

Além disso, fibra insolúvel pode ter efeitos positivos sobre a morfologia intestinal. HEDEMANN et al. (2006) compararam uma fonte de fibra solúvel (7,1% de pectina) com outra de fibra insolúvel (9,6% de casca de cevada) nas dietas de leitões desmamados, os autores evidenciaram aumentos na altura das vilosidades e na relação altura das vilosidades e profundidade das criptas no intestino delgado com o uso da fibra insolúvel. Em adição, MARUJO (2013) observou que a relação altura das vilosidades e profundidade das criptas do duodeno aumentou com a inclusão de níveis crescentes (0, 1,5, 3,0 e 4,5%) de celulose purificada nas dietas de leitões recém-desmamados.

Efeitos sobre o crescimento bacteriano no intestino podem ser observados com a utilização de ingredientes fibrosos. Além de produzirem grandes quantidades de ácido láctico e, portanto, reduzir o pH do ambiente intestinal, as bactérias benéficas competem com as patogênicas por pontos de adesão no intestino, a fim de manter a boa saúde intestinal (MEDEL et al., 1999). OWUSU-ASIEDU et al. (2006) demonstraram que a inclusão de 7% de celulose nas dietas de suínos em crescimento influenciou o crescimento de bactérias benéficas, tais como as bifidobactérias e enterococcus. Da mesma maneira, WANG et al. (2003) observaram redução no número de coliformes no intestino de fêmeas suínas em gestação, demonstrando o efeito benéfico da fibra dietética sobre a saúde intestinal. O aumento de 7,7 para 24% de fibra na dieta promoveu a proliferação de bactérias ácido-lácticas no trato gastrintestinal de suínos em crescimento, o que contribuiu para as reduções do pH da digesta e da proliferação de bactérias patogênicas (ANGUITA et al., 2006).

Em virtude do reduzido número de trabalhos com leitões recém-desmamados avaliando a utilização de fibra de cana-de-açúcar sobre os parâmetros produtivos, as características da digesta, a morfometria, a histologia e a microbiologia intestinal, não é possível esclarecer e comprovar os efeitos desse tipo de fibra insolúvel na nutrição de suínos no período pós-desmame.

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.

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

BANDEIRA, C. M.; FONTES, D. O.; SOUZA, L. P. O.; SALUM, G. M. Saúde intestinal dos leitões: um conceito novo e abrangente. **Cadernos técnicos de Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 54, p. 85-123, 2007.

BROOKS, P. H.; MORAN, C. A.; BEAL, J. D.; DEMECKOVA, V.; CAMPBELL, A. Liquid feeding for the young piglet. In: Varley, M. A.; WISEMAN, J. (Eds.). **The weaner Pig: Nutrition and Management**, Wallingford, 2001, p. 153-158.

CORTEZ, L.; MAGALHÃES, P.; HAPPÍ, J. Principais subprodutos da agroindústria canavieira e sua valoração. **Revista Brasileira de Energia**, Itajubá, v. 2, p.1-17, 1992.

COSTA, W. L. S. da; BOCCHI, M. L. de M. Aplicações do bagaço da cana-de-açúcar utilizadas na atualidade. **Revista Ciência & Tecnologia**, São Paulo, v. 4, n.1, 2012.

ESCUADERO, A. E.; GONZÁLEZ, S. P. La fibra dietética. **Nutrición Hospitalaria**, Madrid, v. 21, p. 61-72, 2006.

FONTY, G.; GOUET, P. Fibre-degrading microorganisms in the monogastric digestive tract. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 23, p. 91-107, 1989.

FREIRE, J. P. B.; GUERREIRO, A. J. G.; CUNHA, L. F.; AUMAITRE, A. Effect of dietary fibre source on total tract digestibility, caecum volatile fatty acids acids and digestive transit time in the weaned piglet. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 87, p. 71-83, 2000.

GERRITSEN, R.; AAR, P. V.; MOLIST, F. Insoluble nonstarch polysaccharides in diets for weaned piglets. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 90, p. 318-320, 2012.

HAMPSON, D. J. Alterations in piglet small intestinal structure at weaning. **Research in Veterinary Science**, Philadelphia, v. 40, p. 32-40, 1986.

HANCZAKOWSKA, E.; SWIATKIEWICZ, M.; BIAŁECKA, A. Pure cellulose as a feed supplement for piglets. **Medycyna Weterynaryjna**, Lublin, v. 64, p. 45-48, 2008.

HEDEMANN, M. S.; ESKILDSEN, M.; L LÆRKE, 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**, Cambridge, v. 84, p. 1375-1386, 2006.

JENSEN, M. S.; JENSEN, S. K.; JAKOBSEN, K. Development of digestive enzymes in pigs with emphasis on lipolytic activity in the stomach and pancreas. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 75, p. 437-445, 1997.

JIN, L. Z.; MARQUARDT, R. R.; BAIDOO, S. K. Inhibition of enterotoxigenic *Escherichia coli* K88, K99 and 987P by the *Lactobacillus* isolates from porcine intestine. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Malden, v. 80, p. 619-624, 2000.

KIM, J. C.; HANSEN, C. F.; MULLAN, B. P.; PLUSKE, J. R. Nutrition and pathology of weaner pigs: Nutritional strategies to support barrier function in the gastrointestinal tract. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 173, p. 3-16, 2012.

LE GOFF, G.; NOBLET, J.; CHERBUT, C. Intrinsic ability of the faecal microbial flora to ferment dietary fibre at different growth stages of pigs. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 81, p. 75-87, 2003.

LUDKE, J. V.; BERTOL, T. M.; SHEUERMANN, G. N. Manejo da alimentação. In: SOBESTIANSKY, J.; WENTZ, I.; SILVEIRA, P. R. S.; SESTI, L. A. C. **Suinocultura intensiva: Produção, manejo e saúde do rebanho**. Concórdia: Embrapa-CNPSo, 1998, Capítulo 4, p.67-90.

MARUJO, M. V. **Celulose em dietas para leitões recém-desmamados**. 2013, 64p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2013.

MATEOS, G. G.; JIMÉNEZ-MORENO, E. E.; SERRANO, M. P.; LÁZARO, R. P. Poultry response to high levels of dietary fiber sources varying in physical and chemical

characteristics. **Journal of Applied Poultry Research**, Champaign, v. 21, p. 156-174, 2012.

MATEOS, G. G.; LÓPEZ, E.; LATORRE, M. A.; VICENTE, B.; LÁZARO, R. P. The effect of inclusion of oat hulls in piglets diets based on raw or cooked rice and maize. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 135, p. 100-112, 2007.

MEDEL, P.; LATORRE, M. A.; MATEOS, G. G. Nutrición y alimentación de lechones destetados precozmente. FEDNA. Fundación Española Desarrollo Nutrición Animal. **In: Curso de Especialización: Avances en Nutrición y Alimentación Animal**, 15., Madrid, Memorias, Madrid, 1999. p. 145-196.

MOLIST, F.; SEGURA, A. G.; GASA, J.; HERMES, R. G.; MANZANILA, E. G.; ANGUITA, M.; PÉREZ, J. F. Effects of the insoluble and soluble dietary fibre on the physicochemical properties of digesta and the microbial activity in early weaned piglets. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 149, p. 346-353, 2009.

MOLIST, F.; VAN OOSTRUM, M.; PÉREZ, J. F.; MATEOS, G. G.; NYACHOTI, C. M.; VAN DER AAR, P. J. Relevance of functional properties of dietary fibre in diets for weanling pigs. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 189, p. 1-10, 2014.

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, J.; LE GOFF, G. Effect of dietary fibre on the energy value of feeds for pigs. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 90, p. 35-42, 2001.

OWUSU-ASIEDU, A.; PATIENCE, J. F.; LAARFELD, B.; Van KESSEL, 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.

PETERSSON, A.; DOMIG, K. J.; SCHEDLE, K.; WINDISCH, W.; KNEIFEL, W. Comparison of three methods to enumerate gut microbiota of weaning piglets fed insoluble dietary fibre differing in lignin content. **The Journal of Agricultural Science**, Toronto, v. 148, p. 225-232, 2010.

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

SARIKHAN, M.; SHAHRYAR, H. A.; GHOLIZADEH, B.; HOSSEINZADEH, M. H.; BEHESHTI, B.; MAHMOODNEJAD, A. Effects of insoluble fiber on growth performance, carcass traits and ileum morphological parameters on broiler chick males. **International Journal of Agriculture and Biology**, Pakistan, v. 12, p. 531-536, 2010.

SOUBA, W. W.; SMITH, R. J.; WILMORE, D. W. Glutamine metabolism by the intestinal tract. **Journal of Parenteral and Enteral Nutrition**, Houston, v. 9, p. 608-617, 1985.

SOUZA, T. C. R.; LANDIN, G. M. El destete, la función digestiva y la digestibilidad de los alimentos en cerdos jóvenes. **Revista Técnica Pecuaria en México**, Yucatán, v. 35, p. 145-159, 1997.

THYMAN, T. Nutritional and immunological aspects of the intestine. In: BACH KNUDSEN, K. E.; POULSEN, N. J.; JENSEN, H. D.; BORG, B. (Ed.). **Nutritional physiology of pigs: with emphasis on Danish production conditions**. Videncentret for Svineproduktion, Landbrug & Fodevarer, 2012. Cap. 7, p. 1-15.

TODESCO, T.; RAO, A. V.; BOSELLO, O.; JENKINS, D. J. A. Propionate lowers blood glucose and alters lipid metabolism in healthy subjects. **The American Journal of Clinical Nutrition**, Maryland, v. 54, p. 860-865, 1991.

TROWELL, H. Fibre and irritable bowels. **The British Medical Journal**, London, v. 3, p. 44-45, 1974.

UNICA, União da Indústria de cana-de-açúcar. **Produção de cana-de-açúcar, 2011/2012- 2012/2013**. Disponível em: <<http://www.unica.com.br/>>. Acesso em: 13/02/2014.

UTIYAMA, C. E.; OETTING, L. L.; GIANI, P. A.; RUIZ, U. S.; MIYADA, V. S. Efeitos de antimicrobianos, prebióticos, probióticos e extratos vegetais sobre a microbiota intestinal, a frequência de diarreia e o desempenho de leitões recém-desmamados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, p. 2359-2367, 2006.

VALENZUELA, A. B.; MAIZ, A. G. El rol de la fibra dietética en la nutrición enteral. **Revista Chilena de Nutrición**. Santiago, v. 33, p. 342-351, 2006.

VONDRUSKOVA, H.; SLAMOVA, R.; TRCKOVA, M.; ZRALY, Z.; PAVLIK, I. Alternatives to antibiotic growth promoters in prevention of diarrhea in weaned piglets: a review. **Veterinární Medicína**, Praga, v. 55, p. 199-224, 2010.

WANG, J. F.; LI, D. F.; JENSEN, B. B.; JAKOBSEN, K.; XING, J. J.; GONG, L. M.; ZHU, Y. H. Effect of type and level of fibre on gastric microbial activity and short-chain fatty acid concentrations in gestating sows. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 104, p. 95-110, 2003.

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.

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

ZANGERONIMO, M. G.; CANTARELLI, V. S.; FIALHO, E. T.; AMARAL, N. O.; SILVEIRA, H.; PEREIRA, L. M.; PEREIRA, L. J. Herbal extracts and symbiotic mixture replacing antibiotics in piglets at the initial phase. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 40, p. 1045-1051, 2011.

CAPITULO 2 – FIBRA DE CANA-DE-AÇÚCAR NA ALIMENTAÇÃO DE LEITÕES RECÉM-DESMAMADOS: DESEMPENHO ANIMAL, INCIDÊNCIA DE DIARREIA E TEMPO DE TRÂNSITO GASTRINTESTINAL

RESUMO – Noventa e seis leitões, machos castrados, desmamados aos 21 dias de idade e com peso médio de $6,67 \pm 0,63$ kg, foram utilizados para avaliar os efeitos da inclusão de fibra de cana-de-açúcar na dieta sobre o desempenho animal, a incidência de diarreia e o tempo de trânsito gastrintestinal. Os animais foram distribuídos em blocos completos ao acaso com quatro tratamentos, oito repetições por tratamento e três leitões por unidade experimental. Os tratamentos consistiram de quatro níveis (0, 1, 2 e 3%) de inclusão de fibra de cana-de-açúcar. O ganho diário de peso, o consumo diário de ração e a conversão alimentar foram determinados mediante pesagens dos animais e das rações aos 21, 35, 50, e 63 dias de idade. A incidência de diarreia foi avaliada dos 27 aos 47 dias de idade. Aos 45 dias de idade, o tempo de trânsito gastrintestinal foi determinado com o uso de marcador (óxido férrico). Dos 21 aos 35 dias de idade, o ganho diário de peso e o consumo diário de ração aumentaram linearmente ($P < 0,05$) com o aumento nos níveis de inclusão de fibra de cana-de-açúcar nas dietas, porém não houve efeito dos tratamentos sobre a conversão alimentar dos animais. A inclusão de fibra na dieta de leitões recém-desmamados não afetou o desempenho animal dos 21 aos 50 e dos 21 aos 63 dias de idade. A incidência de diarreia e o tempo de trânsito gastrintestinal não foram influenciados ($P > 0,05$) pelos tratamentos. A adição de fibra de cana-de-açúcar em níveis de até 3% na dieta de leitões recém-desmamados melhora o desempenho dos 21 aos 35 dias de idade, sem afetar a incidência de diarreia e o tempo de trânsito gastrintestinal.

Palavras – chave: escore, taxa de passagem, fibra insolúvel

CHAPTER 2 – SUGARCANE FIBER IN THE DIETS OF WEANLING PIGLETS: ANIMAL PERFORMANCE, INCIDENCE OF DIARRHEA, AND GASTROINTESTINAL TRANSIT TIME

SUMMARY – Ninety-six barrows weaned at 21 days of age and initial body weight of 6.67 ± 0.63 kg, were used to evaluate the effects of dietary sugarcane fiber inclusion on animal performance, incidence of diarrhea, and gastrointestinal transit time. The pigs were distributed in a randomized complete block design with four treatments, eight replicates per treatment and three pigs per experimental unit. Dietary treatments consisted of 0, 1, 2, or 3% sugarcane fiber inclusion. Average daily gain, average daily feed intake, and feed-to-gain ratio were determined by weighing animals and feed at 21, 35, 50, and 63 days of age. The incidence of diarrhea was evaluated from 27 to 47 days of age. At 45 days of age, gastrointestinal transit time was determined after feeding a meal marked with ferric oxide and by determining the first appearance of feces with the marker color. From 21 to 35 days of age, average daily gain and average daily feed intake increased linearly ($P < 0.05$) with increasing sugarcane fiber levels, without affecting feed-to-gain ratio ($P > 0.05$). Dietary sugarcane fiber inclusion did not affect animal performance from 21 to 50 and from 21 to 63 days of age. The incidence of diarrhea and gastrointestinal transit time were not affected ($P > 0.05$) by treatments. In conclusion, adding up to 3% of sugarcane fiber to the diets of weanling piglets improves animal performance from 21 to 35 days of age without affecting incidence of diarrhea and gastrointestinal transit time.

Keywords: insoluble fiber, passage rate, score

INTRODUÇÃO

O desmame é o período mais crítico da vida do leitão, uma vez que está associado, entre outros fatores, à imaturidade do sistema digestório. Nessa fase, em virtude da baixa produção de ácido clorídrico no estômago e da atividade e secreção enzimática reduzidas, são observados baixo consumo de ração, queda nas taxas de crescimento e susceptibilidade às desordens entéricas que alteram a microbiologia intestinal, levando à proliferação de bactérias patogênicas (SOUZA e LANDÍN, 1997). Quando as bactérias patogênicas colonizam o intestino, as células do epitélio liberam água, estimulando os movimentos peristálticos para expulsar os patógenos. Nessa situação, pode haver o aparecimento de diarreias, que comprometem a absorção dos nutrientes, prejudicando o desempenho animal (PLUSKE et al., 1997).

Com a proibição do uso dos antimicrobianos promotores de crescimento pela União Europeia em 2006, o uso de ingredientes fibrosos tem merecido atenção na tentativa de melhorar os índices produtivos e reduzir os custos de produção dos suínos (BACH KNUDSEN, 2001). A fibra insolúvel, caracterizada por apresentar baixa solubilidade em água, vem sendo estudada na alimentação de leitões recém-desmamados. Ótimos exemplos são os estudos desenvolvidos com farinha de alfafa, casca de cevada, casca de aveia, farelo de cereais e celulose purificada (FREIRE et al., 2000; HEDEMANN et al., 2006; MATEOS et al., 2006; HÖGBERG e LINDBERG, 2006; HANCZAKOWSKA et al., 2008; KIM et al., 2008; SCHEDLE et al., 2008; MOLIST et al., 2009).

Recentemente, a fibra do bagaço da cana-de-açúcar, fonte de fibra insolúvel, tem sido alvo de estudos, uma vez que é considerada um coproduto da indústria sucroalcooleira brasileira. De modo geral, o bagaço da cana-de-açúcar foi utilizado em pesquisas com bovinos (LEME et al., 2003; TEIXEIRA et al., 2007), ovinos (MURTA et al., 2011), coelhos (PEREIRA et al., 2008) e cães (PALUMBO, 2009). No caso de suínos, são poucas as pesquisas conduzidas com o bagaço da cana-de-açúcar. Para suínos em crescimento, CORDEIRO et al. (2009) demonstraram que a inclusão de 30% de cana-de-açúcar integral desintegrada na dieta resultou em maior eficiência

econômica na implantação do sistema, embora tenha sido observado melhor desempenho animal com a inclusão de 15% de cana-de-açúcar integral desintegrada. Entretanto, pesquisas que abordam a utilização da fibra de cana-de-açúcar na dieta de leitões recém-desmamados são escassas na literatura.

Dessa maneira, objetivou-se avaliar os efeitos da inclusão de fibra de cana-de-açúcar nas dietas de leitões recém-desmamados sobre o desempenho animal, a incidência de diarreia e o tempo de trânsito gastrointestinal.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Setor de Suinocultura do Departamento de Zootecnia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Câmpus de Jaboticabal, durante 43 dias.

Foram utilizados 96 leitões machos castrados, desmamados aos 21 dias de idade, de linhagem comercial, com peso médio inicial de $6,67 \pm 0,63$ kg. Os animais foram alojados em baias de alvenaria com $2,55 \text{ m}^2$ cada, equipadas com bebedouro tipo chupeta, comedouro semiautomático e lâmpada incandescente de 150 W, como fonte de calor suplementar.

Os animais foram distribuídos em um delineamento em blocos completos ao acaso, para controlar diferenças no peso vivo inicial, com quatro tratamentos, oito repetições e três animais por unidade experimental. Os tratamentos consistiram de rações contendo quatro níveis (0, 1, 2 e 3%) de fibra de cana-de-açúcar (Fibercane®), as quais encontram-se nas Tabelas 1, 2 e 3. Ração e água foram fornecidas à vontade durante todo o período experimental.

Todas as rações foram formuladas de acordo com as exigências mínimas descritas por ROSTAGNO et al. (2011) para as seguintes fases: I - dos 21 aos 35 dias de idade; II - dos 36 aos 50 dias de idade e III - dos 51 aos 63 dias de idade. Nenhum tipo de aditivo promotor de crescimento foi adicionado às dietas experimentais.

Tabela 1. Composições centesimal, química e energética das dietas experimentais para leitões dos 21 aos 35 dias de idade

Ingredientes, %	Nível de fibra de cana-de-açúcar, %			
	0	1	2	3
Milho moído	50,50	50,50	50,50	50,50
Produto lácteo ¹	14,33	14,33	14,33	14,33
Farelo de soja, 45%	8,72	8,72	8,72	8,72
Plasma sanguíneo bovino em pó ²	7,00	7,00	7,00	7,00
Concentrado proteico de soja	7,00	7,00	7,00	7,00
Açúcar	3,00	3,00	3,00	3,00
Fibra de cana-de-açúcar ³	-	1,00	2,00	3,00
Caulim	3,00	2,00	1,00	-
Óleo de soja	2,88	2,88	2,88	2,88
Fosfato bicálcico	1,70	1,70	1,70	1,70
Calcário calcítico	0,96	0,96	0,96	0,96
L-Lisina.HCl, 78,4%	0,42	0,42	0,42	0,42
DL- Metionina, 99%	0,15	0,15	0,15	0,15
L-Treonina, 98%	0,12	0,12	0,12	0,12
L- Triptofano, 98%	0,04	0,04	0,04	0,04
Antioxidante BHT	0,02	0,02	0,02	0,02
Sal comum	0,01	0,01	0,01	0,01
Suplemento mineral e vitamínico ⁴	0,15	0,15	0,15	0,15
Total	100,00	100,00	100,00	100,00
Valores Calculados				
Energia metabolizável ⁵ , kcal/kg	3400	3400	3400	3400
Proteína bruta ⁵ , %	19,53	19,53	19,53	19,53
Fibra insolúvel ⁶ , %	13,90	14,40	15,36	16,37
Fibra solúvel ⁶ , %	2,14	1,85	1,73	1,26
Cálcio ⁵ , %	0,91	0,91	0,91	0,91
Fósforo disponível ⁵ , %	0,50	0,50	0,50	0,50
Lactose ⁵ , %	10,00	10,00	10,00	10,00
Lisina digestível ⁵ , %	1,45	1,45	1,45	1,45
Metionina digestível ⁵ , %	0,41	0,41	0,41	0,41
Treonina digestível ⁵ , %	0,91	0,91	0,91	0,91
Triptofano digestível ⁵ , %	0,27	0,27	0,27	0,27

¹Nuklospray K21-70% Lactose; ²AP 920 – Plasma bovino desidratado por *spray dried*; ³Fonte de fibra de cana-de-açúcar – Fibercane®; ⁴Níveis de garantia por kg de ração: Vit. A – 1.066.681,6 U.I.; Vit. D3 – 400.000 U.I.; Vit. E – 4.000 UI; Vit. K – 1.066,68 mg; Vit B2 – 800 mg; Vit. B12 – 4.400 µg; Ácido pantotênico – 2.800 mg; Niacina – 5,2 g; Colina – 48 g; Iodo – 141,68 mg; Selênio – 30 µg; Manganês – 4,002 g; Zinco – 7,497 g; Cobre – 1,5 g; Ferro – 2,493 g; ⁵Composição calculada segundo Rostagno et al. (2011); ⁶Valores obtidos por meio de análises laboratoriais.

Tabela 2. Composições centesimal, química e energética das dietas experimentais para leitões dos 36 aos 50 dias de idade

Ingredientes, %	Nível de fibra de cana-de-açúcar, %			
	0	1	2	3
Milho moído	56,59	56,59	56,59	56,59
Produto lácteo ¹	8,57	8,57	8,57	8,57
Farelo de soja, 45%	7,28	7,28	7,28	7,28
Plasma sanguíneo bovino em pó ²	3,46	3,46	3,46	3,46
Concentrado proteico de soja	15,11	15,11	15,11	15,11
Fibra de cana-de-açúcar ³	-	1,00	2,00	3,00
Caulim	3,00	2,00	1,00	-
Óleo de soja	2,94	2,94	2,94	2,94
Fosfato bicálcico	1,54	1,54	1,54	1,54
Calcário calcítico	0,88	0,88	0,88	0,88
L-Lisina.HCl, 78,4%	0,25	0,25	0,25	0,25
DL- Metionina, 99%	0,08	0,08	0,08	0,08
L-Treonina, 98%	0,04	0,04	0,04	0,04
Antioxidante BHT	0,02	0,02	0,02	0,02
Sal comum	0,10	0,10	0,10	0,10
Suplemento mineral e vitamínico ⁴	0,15	0,15	0,15	0,15
Total	100,00	100,00	100,00	100,00
Valores Calculados				
Energia metabolizável ⁵ , kcal/kg	3375	3375	3375	3375
Proteína bruta ⁵ , %	21,00	21,00	21,00	21,00
Fibra insolúvel ⁶ , %	15,06	16,02	17,47	18,45
Fibra solúvel ⁶ , %	2,67	2,32	1,96	1,63
Cálcio ⁵ , %	0,83	0,83	0,83	0,83
Fósforo disponível ⁵ , %	0,45	0,45	0,45	0,45
Lactose ⁵ , %	6,00	6,00	6,00	6,00
Lisina digestível ⁵ , %	1,33	1,33	1,33	1,33
Metionina digestível ⁵ , %	0,37	0,37	0,37	0,37
Treonina digestível ⁵ , %	0,84	0,84	0,84	0,84
Triptofano digestível ⁵ , %	0,24	0,24	0,24	0,24

¹Nuklospray K21-70% Lactose; ²AP 920 – Plasma bovino desidratado por *spray dried*; ³Fonte de fibra de cana-de-açúcar – Fibercane®; ⁴Níveis de garantia por kg de ração: Vit. A – 1.066.681,6 U.I.; Vit. D3 – 400.000 U.I.; Vit. E – 4.000 UI; Vit. K – 1.066,68 mg; Vit B2 – 800 mg; Vit. B12 – 4.400 µg; Ácido pantotênico – 2.800 mg; Niacina – 5,2 g; Colina – 48 g; Iodo – 141,68 mg; Selênio – 30 µg; Manganês – 4,002 g; Zinco – 7,497 g; Cobre – 1,5 g; Ferro – 2,493 g; ⁵Composição calculada segundo Rostagno et al. (2011); ⁶Valores obtidos por meio de análises laboratoriais.

Tabela 3. Composições centesimal, química e energética das dietas experimentais para leitões dos 51 aos 63 dias de idade

Ingredientes, %	Nível de fibra de cana-de-açúcar, %			
	0	1	2	3
Milho moído	64,61	64,61	64,61	64,61
Farelo de soja, 45%	18,20	18,20	18,20	18,20
Concentrado proteico de soja	9,00	9,00	9,00	9,00
Fibra de cana-de-açúcar ¹	-	1,00	2,00	3,00
Caulim	3,00	2,00	1,00	-
Óleo de soja	1,95	1,95	1,95	1,95
Fosfato bicálcico	1,52	1,52	1,52	1,52
Calcário calcítico	0,85	0,85	0,85	0,85
L-Lisina.HCl, 78,4%	0,23	0,23	0,23	0,23
DL- Metionina, 99%	0,04	0,04	0,04	0,04
L-Treonina, 98%	0,04	0,04	0,04	0,04
Antioxidante BHT	0,02	0,02	0,02	0,02
Sal comum	0,40	0,40	0,40	0,40
Suplemento mineral e vitamínico ²	0,15	0,15	0,15	0,15
Total	100,00	100,00	100,00	100,00
Valores Calculados				
Energia metabolizável ³ , kcal/kg	3230	3230	3230	3230
Proteína bruta ³ , %	19,24	19,24	19,24	19,24
Fibra insolúvel ⁴ , %	17,18	18,28	19,26	20,83
Fibra solúvel ⁴ , %	2,91	2,66	2,35	1,95
Cálcio ³ , %	0,78	0,78	0,78	0,78
Fósforo disponível ³ , %	0,39	0,39	0,39	0,39
Lisina digestível ³ , %	1,10	1,10	1,10	1,10
Metionina digestível ³ , %	0,31	0,31	0,31	0,31
Treonina digestível ³ , %	0,69	0,69	0,69	0,69
Triptofano digestível ³ , %	0,21	0,21	0,21	0,21

¹Fonte de fibra de cana-de-açúcar – Fibercane®; ²Níveis de garantia por kg de ração: Vit. A – 1.066.681,6 U.I.; Vit. D3 – 400.000 U.I.; Vit. E – 4.000 UI; Vit. K – 1.066,68 mg; Vit B2 – 800 mg; Vit. B12 – 4.400 µg; Ácido pantotênico – 2.800 mg; Niacina – 5,2 g; Colina – 48 g; Iodo – 141,68 mg; Selênio – 30 µg; Manganês – 4,002 g; Zinco – 7,497 g; Cobre – 1,5 g; Ferro – 2,493 g;

³Composição calculada segundo Rostagno et al. (2011); ⁴Valores obtidos por meio de análises laboratoriais.

Aos 35 dias de idade, foi abatido um animal por unidade experimental para avaliar os efeitos da inclusão da fibra de cana-de-açúcar nas dietas no trato gastrintestinal. Assim, durante os 36 aos 50 e dos 51 aos 63 dias de idade as avaliações de desempenho, da incidência de diarreia e do tempo de trânsito gastrintestinal, foram realizadas com dois animais por unidade experimental.

Desempenho

Os leitões, a ração fornecida e as sobras de ração foram pesados aos 21, 35, 50 e 63 dias de idade, a fim de determinar o ganho diário de peso, o consumo diário de ração e a conversão alimentar. Pelo fato dos animais não terem sido redistribuídos nos blocos de acordo com o peso final de cada fase, os resultados de desempenho foram analisados da seguinte maneira: dos 21 aos 35 dias de idade (período I), dos 21 aos 50 dias de idade (período II) e dos 21 aos 63 dias de idade (período III).

Incidência de diarreia

Com o objetivo de avaliar os efeitos da adição da fibra de cana-de-açúcar sobre a incidência de diarreia, foi realizado o levantamento dos escores fecais dos animais dos 27 aos 47 dias de idade. Duas vezes ao dia, às 8 h e às 17 h, foi realizada a avaliação visual da consistência das fezes, de acordo com os seguintes escores: 1 - fezes normais, 2 - fezes pastosas e 3 - fezes aquosas. Os escores 1 e 2 foram considerados como fezes não diarreicas e o 3 como diarreicas. Ressalta-se que as observações dos escores fecais foram feitas sempre pelo mesmo observador.

Tempo de trânsito gastrintestinal

Durante os 36 e 50 dias de idade dos animais, determinou-se o tempo de trânsito das dietas, mediante a medição do tempo gasto entre a ingestão do alimento marcado com óxido férrico (1%) e o aparecimento das primeiras fezes com a coloração

característica do marcador. Assim, aos 45 dias de idade, os leitões foram alimentados com 500 g de ração contendo marcador e uma vez ingerida essa quantidade de ração pelos animais, foi oferecida ração sem marcador à vontade.

Análise estatística

Foi utilizado o delineamento em blocos completos ao acaso para controlar as diferenças no peso vivo inicial dos animais. Todos os resultados foram testados quanto à normalidade e homogeneidade das variâncias e à presença de *outliers*. Em seguida, os resultados de desempenho, incidência de diarreia e tempo de trânsito gastrointestinal foram submetidos à análise de variância (ANOVA), com os efeitos aleatórios de blocos e efeitos fixos de tratamentos incluídos no modelo matemático. Quando a ANOVA indicou diferença significativa ($P < 0,05$), realizou-se a análise de regressão polinomial (linear e quadrática) pelo procedimento MIXED do SAS (*Statistical Analysis System*, 2002) a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em geral, os animais não apresentaram qualquer problema sanitário, com exceção de um leitão do tratamento controle o qual morreu aos 50 dias de idade. O exame patológico indicou que a morte foi devido a problemas respiratórios, não relacionados aos tratamentos experimentais.

Os resultados do desempenho animal (peso vivo final, ganho diário de peso, consumo diário de ração e conversão alimentar) nos períodos I, II e III, bem como do tempo de trânsito gastrointestinal são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Valores médios e coeficiente de variação (CV) do peso vivo (PV), do consumo diário de ração (CDR), do ganho diário de peso (GDP), da conversão alimentar (CA) e do tempo de trânsito gastrointestinal (TTGI) de leitões recém-desmamados em função das inclusões de fibra de cana-de-açúcar nas dietas

Variável	Nível de fibra de cana-de-açúcar, %				P ¹	Regressão	CV, %
	0	1	2	3			
PV inicial, kg	6,69	6,68	6,67	6,65	0,897	-	9,48
Período I²							
PV aos 35 dias, kg	8,00	8,11	8,42	8,37	0,141	-	8,97
GDP, kg	0,281	0,306	0,375	0,370	0,049	Linear	24,91
CDR, kg	0,423	0,456	0,522	0,501	0,045	Linear	17,12
CA	1,42	1,51	1,41	1,38	0,396	-	10,93
Período II²							
PV aos 50 dias, kg	13,13	13,80	14,42	14,24	0,246	-	12,91
GDP, kg	0,502	0,542	0,584	0,583	0,204	-	17,19
CDR, kg	0,806	0,825	0,892	0,877	0,362	-	14,14
CA	1,54	1,53	1,51	1,51	0,866	-	6,16
Período III²							
PV aos 63 dias, kg	21,31	22,78	22,79	23,09	0,571	-	13,97
GDP, kg	0,655	0,802	0,802	0,824	0,086	-	19,22
CDR, kg	1,138	1,295	1,323	1,317	0,164	-	15,48
CA	1,58	1,60	1,60	1,57	0,792	-	4,30
TTGI, min	487,31	517,07	560,63	502,38	0,518	-	22,39

¹Valor de P da análise de variância;

²Período I - dos 21 aos 35 dias de idade; Período II - dos 21 aos 50 dias de idade; Período III - dos 21 aos 63 dias de idade.

Durante o período I, a conversão alimentar não foi afetada ($P > 0,05$) pelos tratamentos, porém houve aumento linear no ganho diário de peso ($y = 0,03362x + 0,2488$; $P = 0,009$; $R^2 = 0,19$) e no consumo diário de ração ($y = 0,03002x + 0,4004$; $P = 0,014$; $R^2 = 0,31$) com o aumento nos níveis de inclusão de fibra de cana-de-açúcar nas dietas de leitões desmamados aos 21 dias de idade.

Esses resultados concordaram com os observados por HEDEMANN et al. (2006), que avaliaram a inclusão de pectina (fibra solúvel) e trigo cru (fibra insolúvel) nas dietas de leitões durante os primeiros 9 dias após o desmame, e verificaram que os animais alimentados com dietas contendo trigo cru apresentaram melhor desempenho. De forma similar, MOLIST et al. (2009) notaram maior consumo diário de ração e ganho

diário de peso nos leitões que ingeriram dieta com 4% de farelo de trigo (fibra insolúvel) quando comparados àqueles que receberam dieta controle. HÖGBERG e LINDBERG (2004) mostraram que o aumento de 8,9 para 16,2% de inclusão de fibra insolúvel na dieta de leitões desmamados aos 21 dias de idade melhorou o ganho diário de peso (de 175 para 218 g/dia), sem, no entanto, afetar o consumo diário de ração durante os primeiros 14 dias do estudo.

Os aumentos tanto no consumo diário de ração como no ganho diário de peso com o aumento dos níveis de inclusão de fibra de cana-de-açúcar, observados no presente estudo, podem ser parcialmente explicados pelo fato da fibra insolúvel apresentar menor tempo de trânsito gastrointestinal (WENK, 2001; MONTAGNE et al., 2003). Em virtude do peristaltismo acelerado, o leitão necessita consumir mais alimento para compensar o esvaziamento contínuo do intestino e, conseqüentemente, maior ganho de peso é esperado. Adicionalmente, o aumento no ganho diário de peso em leitões desmamados, consumindo níveis crescentes de fibra na dieta, pode estar relacionado ao incremento dos pesos dos órgãos intestinais (HÖGBERG e LINBERG, 2004).

Sabe-se que os receptores intestinais ao detectarem menor quantidade de alimento no intestino enviam sinais pelas vias neuro-humorais ao cérebro, o qual responde com a nova sensação de fome (BROWNLEE, 2011), e, portanto, esse efeito pode ter acontecido com os animais que receberam as dietas com fibra de cana-de-açúcar em sua composição. Embora as primeiras duas semanas após o desmame do leitão sejam marcadas pela diminuição no consumo diário de ração (PLUSKE et al., 1997; MOLIST et al., 2014), no presente estudo, tal fato não foi constatado, uma vez que a inclusão de fibra de cana-de-açúcar melhorou o consumo diário de ração dos animais nesse período.

As variáveis de desempenho do período II e III e o ganho diário de peso ($P = 0,086$) no período III não foram influenciadas ($P > 0,05$) pelos tratamentos. Os resultados, nesses períodos, foram semelhantes aos observados por INBORR et al. (1993) e FREIRE et al. (2000) que avaliaram fontes de fibras insolúvel (farelo de trigo e farelo de alfafa) e solúvel (cevada crua, casca de soja e polpa de beterraba) nas dietas

de leitões desmamados e não observaram efeitos sobre o desempenho dos animais aos 49 dias de idade. Da mesma forma, no estudo de HANCZAKOWSKA et al. (2008) não foi demonstrada influência de diferentes níveis de celulose purificada (0,5, 1,5 e 2,0%) sobre o desempenho de leitões dos 35 aos 56 dias de idade.

Em contrapartida, SCHEDULE et al. (2008) estudando a inclusão de 3% de farelo de trigo (fibra insolúvel) e de 1,27% de pólen de pinheiro (fibra solúvel) nas dietas de leitões recém-desmamados, dos 28 dias aos 63 dias de idade, verificaram maior consumo diário de ração nos animais que receberam dieta contendo fibra insolúvel, porém, o ganho diário de peso e a conversão alimentar não foram afetados pelos tratamentos. Os autores explicaram que esses resultados podem ser decorrentes do fluxo constante de nutrientes no intestino, provocado pela diminuição do tempo de trânsito intestinal.

Diversos estudos, como os de GILL et al. (2000), CARNEIRO et al. (2008), PASCOAL et al. (2012) e MARUJO (2013), utilizando diversas fontes de fibra insolúvel nas dietas de leitões desmamados entre os 21 e 28 dias de idade, não demonstraram efeitos dos tratamentos sobre o desempenho animal até os 63 dias de idade do leitão, coincidindo parcialmente com os resultados apresentados no presente estudo.

As características estruturais, físicas e químicas das diversas fontes de fibra insolúvel diferem entre si e, conseqüentemente, afetam de maneira distinta os processos digestivos como, por exemplo, o tempo de trânsito gastrintestinal (FREIRE et al., 2000; CANIBE e BACH KNUDSEN, 2001; WENK, 2001; OWUSU-ASIEDU et al., 2006). Entretanto, a inclusão crescente de fibra de cana-de-açúcar nas dietas de leitões desmamados, no presente estudo, não promoveu efeito ($P > 0,05$) sobre essa variável, o que coincidiu com os resultados relatados por PASCOAL et al. (2012).

Por outro lado, os resultados do presente trabalho diferiram dos encontrados anteriormente por OWUSU-ASIEDU et al. (2006), que ao avaliarem a inclusão de 7% de goma guar (fibra solúvel purificada) e 7% celulose (fibra insolúvel) na dieta de suínos em crescimento, demonstraram menor tempo de retenção da digesta quando os animais ingeriram fibra insolúvel na dieta. Isso porque a viscosidade produzida pela fibra insolúvel é menor em relação àquela induzida pela fibra solúvel (WENK, 2001).

Tomando como referência os trabalhos anteriormente citados, pode-se deduzir que os níveis de inclusão de fibra de cana-de-açúcar nas dietas utilizadas no presente trabalho não foram suficientes para provocar aumento notável do trânsito gastrointestinal da digesta em leitões recém-desmamados. É importante ressaltar que dietas ricas em fibra insolúvel provocam diminuição no tempo de trânsito gastrointestinal, baixa viscosidade, menor captação de água da digesta e, por fim, menor degradação da fibra pela microbiota intestinal (BACH KNUDSEN e HANSEN, 1991; FREIRE et al., 2000; PLUSKE et al., 2001; MONTAGNE et al., 2003; PEREZ e NOFRARÍAS, 2008). Cabe mencionar que esses efeitos dependem do tipo da fibra insolúvel utilizada na dieta (SAVON, 2002).

Para a incidência de diarreia (Tabela 5) não houve efeito ($P > 0,05$) sobre as médias do escore 3, com a inclusão de fibra de cana-de-açúcar nas dietas de leitões recém-desmamados. Até poucos anos atrás, acreditava-se que a inclusão de fibra nas dietas de leitões recém-desmamados aumentava a incidência de diarreia, mas as pesquisas recentes demonstraram que isso nem sempre acontece (GILL et al., 2000). No caso do presente estudo, a inclusão de fibra de cana-de-açúcar nas dietas não afetou a incidência de diarreia, tendo em vista que os valores observados para essa variável foram baixos para os animais de todos os tratamentos.

Tabela 5. Escores fecais e coeficiente de variação (CV) da incidência de diarreia em leitões recém-desmamados em função das inclusões de fibra de cana-de-açúcar nas dietas

Escore ¹	Nível de fibra de cana-de-açúcar, %				Escore, %	P ²	CV, %
	0	1	2	3			
1	320	310	322	326	70,96	-	-
2	122	134	111	115	26,76	-	-
3	5	13	12	11	2,28	-	-
TOTAL	447	457	445	452	100,00	-	-
Escore 3, %*	1,23	1,52	1,24	1,45	-	0,539	34,55

¹Escore: 1 - Fezes normais; 2 - Fezes pastosas e 3 - Fezes aquosas;

²Valor de *P* da análise de variância;

*Porcentagem de fezes diarreicas.

Por outro lado, outras pesquisas ao utilizarem fontes de fibra insolúvel nas dietas para leitões desmamados, notaram diminuição na incidência de diarreia (HEDEMANN et al., 2006; MATEOS et al., 2006; HANCZAKOWSKA et al., 2008; KIM et al., 2008). De acordo com o estudo de HEDEMANN et al. (2006), a fibra insolúvel adicionada às dietas de leitões melhora a atividade de enzimática (maltase, lactase, sacarase e aminopeptidases), fato que ajudaria a diminuir o substrato para as bactérias patogênicas no intestino delgado. Em adição, KIM et al. (2012) afirmaram que a fibra insolúvel ajuda na prevenção de incidência de diarreia por *E. coli*.

CONCLUSÕES

A adição de fibra de cana-de-açúcar em níveis de até 3% nas dietas de leitões recém-desmamados melhora o desempenho animal dos 21 aos 35 dias de idade, sem afetar a incidência de diarreia e o tempo de trânsito gastrintestinal dos animais.

REFÊRENCIAS

BACH KNUDSEN, K. E.; HANSEN, I. Gastrointestinal implications in pigs of wheat and oat fractions. Digestibility and bulking properties of polysaccharides and other major constituents. **British Journal of Nutrition**, London, v. 65, p. 217-232, 1991.

BACH KNUDSEN, K. E. Development of antibiotic resistance and options to replace antimicrobials in animal diets. **Proceedings of the Nutrition Society**, Dublin, v. 60, p. 291-299, 2001.

BROWNLEE, I. A. The physiological roles of dietary fibre. **Food Hydrocolloids**, Philadelphia, v. 25, p. 238-250, 2011.

CANIBE, N.; BACH KNUDSEN, K. E. Degradation and physicochemical changes of barley and pea fibre along the gastrointestinal tract of pigs. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, New York, v. 82, p. 27-39, 2001.

CARNEIRO, M. S. C.; LORDELO, M. M.; CUNHA, L. F.; FREIRE, J. P. B. Effects of dietary fibre source and enzyme supplementation on faecal apparent digestibility, short chain fatty acid production and activity of bacterial enzymes in the gut of piglets. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 146, p. 124-136, 2008.

CORDEIRO, M. D.; SOARES, R. T. R. N.; FERREIRA, R. A.; FONSECA, J. B.; DETMANN, E.; MERCADANTE, M. B. Cana-de-açúcar integral na alimentação de suínos em crescimento (30-60 kg). **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 10, p. 731-739, 2009.

FREIRE, J. P. B.; GUERREIRO, A. J. G.; CUNHA, L. F.; AUMAITRE, A. Effect of dietary fibre source on total tract digestibility, caecum volatile fatty acids acids and digestive transit time in the weaned piglet. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 87, p. 71-83, 2000.

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. **Journal Animal Science**, Cambridge, v. 70, p. 107-118, 2000.

HANCZAKOWSKA, E.; SWIATKIEWICZ, M.; BIAŁECKA, A. Pure cellulose as a feed supplement for piglets. **Medycyna Weterynaryjna**, Lublin, v. 64, p. 45-48, 2008.

HEDEMANN, M. S.; ESKILDSEN, M.; L LÆRKE, 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**, Cambridge, v. 84, p. 1375-1386, 2006.

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

HÖGBERG, A.; LINDBERG, J. E. The effect of level and type of cereal non-starch polysaccharides on the performance, nutrient utilization and gut environment of pigs around weaning. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 127, p. 200-219, 2006.

INBARR, J.; SCHMITZ, M.; AHRENS, F. Effect of adding fibre and starch degrading enzymes to a barley/wheat based diet on performance and nutrient digestibility in different segments of the small intestine of early weaned pigs. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.44, p.113-127, 1993.

KIM, J. C.; HANSEN, C. F.; MULLAN, B. P.; PLUSKE, J. R. Nutrition and pathology of weaner pigs: Nutritional strategies to support barrier function in the gastrointestinal tract. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 173, p. 3-16, 2012.

KIM, J. C.; MULLAN, B. P.; HAMPSON, D. J.; PLUSKE, J. R. Addition of oat hulls to an extruded rice-based diet for weaner pigs ameliorates the incidence of diarrhea and reduces indices of protein fermentation in the gastrointestinal tract. **British Journal of Nutrition**, London, v. 99, p. 1217-1225, 2008.

LEME, P. R.; SILVA, S. L.; PEREIRA, A. S. C.; PUTRINO, S. M.; LANNA, D. P. D.; FILHO, J. C. M. Utilização do bagaço de cana-de-açúcar em dietas com elevada proporção de concentrado para novilhos em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, p.1786-1791, 2003.

MARUJO, M. V. **Celulose em dietas para leitões recém-desmamados**. 2013, 64p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2013.

MATEOS, G. G.; MARTIN, F.; LATORRE, M. A.; VICENTE, B.; LAZARO, R. Inclusion of oat hulls in diets for young pigs based on cooked maize or cooked rice. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 82, p. 57-63, 2006.

MOLIST, F.; SEGURA, A. G.; GASA, J.; HERMES, R. G.; MANZANILLA, E. G.; ANGUITA, M.; PÉREZ, J. F. Effects of the insoluble and soluble dietary fibre on the physicochemical properties of digesta and the microbial activity in early weaned piglets. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 149, p. 346-353, 2009.

MOLIST, F.; VAN OOSTRUM, M.; PÉREZ, J. F.; MATEOS, G. G.; NYACHOTI, C. M.; VAN DER AAR, P. J. Relevance of functional properties of dietary fibre in diets for weanling pigs. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 189, p. 1-10, 2014.

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.

MURTA, R. M.; CHAVES, M. A.; PIRES, A. J. V.; VELOSO, C. M.; SILVA, F. F.; NETO, A. L. R.; FILHO, A. E.; SANTOS, P. E. F. Desempenho e digestibilidade aparente dos nutrientes em ovinos alimentados com dietas contendo bagaço de cana-de-açúcar tratado com óxido de cálcio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 40, n. 6, p. 1325-1332, 2011.

OWUSU-ASIEDU, A.; PATIENCE, J. F.; LAARFELD, B.; Van KESSEL, 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.

PALUMBO, G. R. Efeito da ingestão de amido, fibra e energia na resposta glicêmica pós-prandial e saciedade em cães. 2009, 73p. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2009.

PASCOAL, L. A. F.; THOMAZ, M. C.; WATANABE, P. H.; RUIZ, U. S.; EZEQUIEL, J. M. B.; AMORIM, A. B.; DANIEL, E.; MASSON, G. C. I. Fiber sources in diets for newly weaned piglets. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 41, p. 636-642, 2012.

PEREIRA, R. A. N.; FERREIRA, W. M.; GARCÍA, S. K.; PEREIRA, M. N.; BERTECHINI, A. G. Digestibilidade do bagaço de cana-de-açúcar tratado com hidróxido de sódio em dietas para coelhos em crescimento. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, p. 573-577, 2008.

PÉREZ, F. J.; NOFRARÍAS, M. Influencia de la nutrición sobre la patología digestiva del lechón. FEDNA. Fundación Española Desarrollo Nutrición Animal. In: **Curso de Especialización: Avances en Nutrición y Alimentación Animal**, 24., Madrid, Memorias, Madrid, 2008, p. 81-105.

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

PLUSKE, J. R.; KIM, J. C.; MCDONALD, D. E.; PETHICK, D. W.; HAMPSON, D. J. Non-starch polysaccharides in the diets of young weaned piglets. In: Varley, M.A., Wiseman, J. (Eds.), *The Weaner Pig: Nutrition and Management*. CABI publishing, Wallingford, p. 81-112, 2001.

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.; EUCLIDES, R. F. **Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos**: composição dos alimentos e exigências nutricionais. 3. ed., Viçosa: UFV, 2011, p. 252.

SAVON, L. Alimentos altos en fibra para especies monogástricas: Caracterización de la matriz fibrosa y sus efectos en la fisiología digestiva. **Revista Cubana de Ciencia Agrícola**, La Habana, v. 36, p. 91-102, 2002.

SCHEDLE, K.; PLITZNER, C.; ETTLE, T.; ZHAO, L.; DOMIG, K. J.; WINDISCH, W. Effects of insoluble dietary fibre differing in lignin on performance, gut microbiology, and digestibility in weanling piglets. **Archives of Animal Nutrition**, Oxfordshire, v. 62, p. 141-151, 2008.

SOUZA, T. C. R.; LANDÍN, G. M. El destete, la función digestiva y la digestibilidad de los alimentos en cerdos jóvenes. **Técnica Pecuária en México**, Yucatán, v. 35, p. 145-159, 1997.

TEIXEIRA, F. A.; PIRES, A. V.; NASCIMENTO, P. V. N. Bagaço de cana-de-açúcar na alimentação de bovinos. **Revista eletrônica de Veterinária**, México, v. 8, n. 6, 2007. Disponível em: < <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n060607/060708.pdf>>.

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.

CAPÍTULO 3 – FIBRA DE CANA-DE-AÇÚCAR NA ALIMENTAÇÃO DE LEITÕES RECÉM-DESMAMADOS: PESO DOS ÓRGÃOS DO SISTEMA DIGESTÓRIO E CARACTERÍSTICAS MORFOFISIOLÓGICAS E MICROBIOLÓGICAS DO TRATO GASTRINTESTINAL

RESUMO – Foram avaliados os efeitos da inclusão de fibra de cana-de-açúcar nas dietas de leitões recém-desmamados sobre o peso dos órgãos do sistema digestório e as características morfofisiológicas e microbiológicas do trato gastrintestinal. Noventa e seis machos castrados, desmamados aos 21 dias de idade e com peso médio inicial de $6,67 \pm 0,63$ kg foram utilizados em um experimento em blocos completos ao acaso. Os tratamentos consistiram de quatro níveis (0, 1, 2 e 3%) de inclusão de fibra de cana-de-açúcar. Aos 35 dias de idade, um animal (peso médio final de $8,24 \pm 0,63$ kg) por unidade experimental foi abatido para avaliar os pesos absolutos e relativos dos órgãos (estômago, intestino delgado, ceco e cólon) e a histologia intestinal (altura das vilosidades, profundidade das criptas, relação altura das vilosidades e profundidade das criptas, número de células caliciformes e densidade das vilosidades). Amostras dos conteúdos do intestino delgado, ceco e cólon foram coletadas para mensurar o pH e a viscosidade. As concentrações de ácidos graxos de cadeia curta (acético, propiônico e butírico) foram determinadas nos conteúdos do intestino delgado e do ceco. No conteúdo do intestino delgado foi realizada a contagem bacteriana (*Lactobacillus* spp., *Escherichia coli* e *Clostridium perfringens*). Embora o pH, a viscosidade, o peso dos órgãos e a microbiologia intestinal não tenham sido afetados pelos tratamentos, houve aumento linear nas concentrações dos ácidos propiônico ($P = 0,006$) e butírico ($P < 0,01$) no ceco dos animais com o aumento da inclusão de fibra na dieta. Houve redução linear ($P = 0,003$) na relação altura das vilosidades e profundidade das criptas no duodeno e aumento linear ($P = 0,028$) na profundidade das criptas no jejuno dos animais com o aumento da inclusão de fibra na dieta. Conclui-se que a adição de fibra de cana-de-açúcar em níveis de até 3% nas dietas de leitões abatidos aos 35 dias de idade estimula as produções dos ácidos propiônico e butírico no ceco, porém, compromete a histologia do epitélio intestinal.

Palavras-chave: ácido graxo de cadeia curta, criptas, vilosidades, viscosidade

CHAPTER 3 - SUGARCANE FIBER IN THE DIETS OF WEANLING PIGLETS: DIGESTIVE ORGANS WEIGHT AND MORPHOPHYSIOLOGICAL AND MICROBIOLOGICAL TRAITS OF THE GASTRINTESTINAL TRACT

SUMMARY – Were evaluated the effects of sugarcane fiber inclusion in the diets of weanling piglets on digestive organs weight and morphophysiological and microbiological traits of the gastrointestinal tract. Ninety-six barrows weaned at 21 days of age and initial body weight of 6.67 ± 0.63 kg were used in a randomized complete block design. Dietary treatments consisted of 0, 1, 2, or 3% sugarcane fiber inclusion. At 35 days of age, one animal (final body weight of 8.24 ± 0.63 kg) per experimental unit was slaughtered to evaluate organs weight (stomach, small intestine, cecum, and colon) and intestinal histology (villus height, crypt depth, villus-to-crypt ratio, number of goblet cells and density villus). Digesta samples from the small intestine, cecum, and colon were collected to measure pH and viscosity. Short-chain fatty acids concentrations (acetic, propionic, and butyric acids) were determined in digesta samples from the small intestine and cecum. *Lactobacillus* spp., *Escherichia coli*, and *Clostridium perfringens* counts were determined in digesta samples from the small intestine. Even though treatments had no effect on pH, viscosity, organs weight, and intestinal microbiology, there was a linear increase in cecal propionic ($P = 0.006$) and butyric ($P < 0.01$) acids concentrations with the increasing sugarcane fiber inclusion. Increasing dietary sugarcane fiber level resulted in a linear decrease ($P = 0.003$) in duodenal villus-to-crypt ratio and in a linear increase ($P = 0.028$) in crypt depth in the jejunum. In conclusion, adding up to 3% of sugarcane fiber to the diets of weanling piglets stimulates the production of propionic and butyric acids in cecum, but compromises intestinal epithelium histology.

Keywords: crypt, fiber, short-chain fatty acid, villus, viscosity

INTRODUÇÃO

O leitão desmamado aos 21 dias de idade é um animal fisiologicamente imaturo, pois, dentre outros fatores, apresenta secreção e atividade das enzimas digestivas insuficientes. Somente a lactose é bem aproveitada no início da vida extrauterina do leitão, devido à presença de lactase, porém com o avanço da idade do animal ocorre redução da atividade desta enzima. No período pós-desmame, a baixa quantidade de lactose, substrato para os *Lactobacillus* spp., eleva o pH gastrintestinal, gerando meio propício à multiplicação de bactérias patogênicas. Esse fato, somado às mudanças ambiental e social que acometem o leitão no período após o desmame, podem promover menor consumo de ração, perda de peso, atrofia das vilosidades intestinais, alterações na microbiologia intestinal e, finalmente, diarreia na maioria dos casos (VIOLA e VIEIRA, 2003)

Tendo em vista a proibição do uso de aditivos promotores de crescimento na dieta de animais, por parte da União Europeia desde o ano 2006, tornou-se necessária a busca por estratégias nutricionais alternativas com a finalidade de superar os desafios do período pós-desmame. Nesse sentido, o uso de ingredientes fibrosos na dieta de leitões recém-desmamados tem sido praticado (BACH KNUDSEN, 2001b).

De acordo com a solubilidade em água, a fibra pode ser classificada como solúvel e insolúvel. A fibra de cana-de-açúcar é considerada uma fonte de fibra insolúvel, a qual pode ser utilizada na alimentação de leitões, já que apresenta baixa solubilidade e menor viscosidade. Essas características fazem com que a digesta não permaneça retida durante longos períodos de tempo no intestino. Com isso, não permite que os alimentos não digeridos pelas enzimas fermentem e ocasionem um desbalanceamento na microbiota, o que pode favorecer o aparecimento da diarreia (MOLIST et al., 2009).

Pelo fato dos suínos não produzirem as enzimas beta-glicosidases, os materiais fibrosos ingeridos são degradados pelo processo fermentativo que ocorre, principalmente, no intestino grosso. A fermentação da fibra dietética realizada pela microbiota intestinal resulta na produção de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), tais

como os ácidos acético, propiônico e butírico, entre outros. Sabe-se que os AGCC são capazes de acidificar o ambiente intestinal, promovendo o crescimento de bactérias benéficas em detrimento das patogênicas, por exclusão competitiva. Além disso, o ácido butírico é considerado fonte de energia para o epitélio do intestino delgado e grosso (MONTAGNE et al., 2003).

Desta forma, objetivou-se avaliar os efeitos da inclusão de fibra de cana-de-açúcar nas dietas de leitões recém-desmamados sobre o peso dos órgãos do sistema digestório e as características morfofisiológicas e microbiológicas do trato gastrintestinal.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Setor de Suinocultura do Departamento de Zootecnia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Câmpus de Jaboticabal, durante 15 dias.

Foram utilizados 96 leitões machos castrados, desmamados aos 21 dias de idade, de linhagem comercial, com peso médio inicial de $6,67 \pm 0,63$ kg. Três animais foram alojados em baias de alvenaria com $2,55 \text{ m}^2$ cada, equipadas com bebedouro tipo chupeta, comedouro semiautomático e lâmpada incandescente de 150 W, como fonte de calor suplementar.

Os animais foram distribuídos num delineamento em blocos completos ao acaso, para controlar diferenças no peso vivo inicial. Foram testados quatro tratamentos, oito repetições por tratamento e três animais por unidade experimental, representada pela baia. Ração e água foram fornecidas à vontade durante o período experimental.

Os tratamentos consistiram de rações contendo quatro níveis (0, 1, 2 e 3%) de fibra de cana-de-açúcar (Fibercane®) e são apresentados na Tabela 1. Todas as rações foram formuladas de acordo com as exigências mínimas descritas por ROSTAGNO et al. (2011) para leitões dos 21 aos 35 dias de idade. As dietas experimentais apresentaram os mesmos teores de energia e proteína e não continham promotor do crescimento.

Tabela 1. Composições centesimal, química e energética das dietas experimentais para leitões dos 21 aos 35 dias de idade

Ingredientes, %	Nível de fibra de cana-de-açúcar, %			
	0	1	2	3
Milho moído	50,50	50,50	50,50	50,50
Produto lácteo ¹	14,33	14,33	14,33	14,33
Farelo de soja, 45%	8,72	8,72	8,72	8,72
Plasma sanguíneo bovino em pó ²	7,00	7,00	7,00	7,00
Concentrado proteico de soja	7,00	7,00	7,00	7,00
Açúcar	3,00	3,00	3,00	3,00
Fibra de cana-de-açúcar ³	-	1,00	2,00	3,00
Caulim	3,00	2,00	1,00	-
Óleo de soja	2,88	2,88	2,88	2,88
Fosfato bicálcico	1,70	1,70	1,70	1,70
Calcário calcítico	0,96	0,96	0,96	0,96
L-Lisina.HCl, 78,4%	0,42	0,42	0,42	0,42
DL- Metionina, 99%	0,15	0,15	0,15	0,15
L-Treonina, 98%	0,12	0,12	0,12	0,12
L- Triptofano, 98%	0,04	0,04	0,04	0,04
Antioxidante BHT	0,02	0,02	0,02	0,02
Sal comum	0,01	0,01	0,01	0,01
Suplemento mineral e vitamínico ⁴	0,15	0,15	0,15	0,15
Total	100,00	100,00	100,00	100,00
Valores Calculados				
Energia metabolizável ⁵ , kcal/kg	3400	3400	3400	3400
Proteína bruta ⁵ , %	19,53	19,53	19,53	19,53
Fibra insolúvel ⁶ , %	13,90	14,40	15,36	16,37
Fibra solúvel ⁶ , %	2,14	1,85	1,73	1,26
Cálcio ⁵ , %	0,91	0,91	0,91	0,91
Fósforo disponível ⁵ , %	0,50	0,50	0,50	0,50
Lactose ⁵ , %	10,00	10,00	10,00	10,00
Lisina digestível ⁵ , %	1,45	1,45	1,45	1,45
Metionina digestível ⁵ , %	0,41	0,41	0,41	0,41
Treonina digestível ⁵ , %	0,91	0,91	0,91	0,91
Triptofano digestível ⁵ , %	0,27	0,27	0,27	0,27

¹Nuklospray K21-70% Lactose; ²AP 920 – Plasma bovino desidratado por *spray dried*; ³Fonte de fibra de cana-de-açúcar – Fibercane®; ⁴Níveis de garantia por kg de ração: Vit. A – 1.066.681,6 U.I.; Vit. D3 – 400.000 U.I.; Vit. E – 4.000 UI; Vit. K – 1.066,68 mg; Vit B2 – 800 mg; Vit. B12 – 4.400 µg; Ácido pantotênico – 2.800 mg; Niacina – 5,2 g; Colina – 48 g; Iodo – 141,68 mg; Selênio – 30 µg; Manganês – 4,002 g; Zinco – 7,497 g; Cobre – 1,5 g; Ferro – 2,493 g; ⁵Composição calculada segundo Rostagno et al. (2011); ⁶Valores obtidos por meio de análises laboratoriais.

Abate dos animais

Aos 35 dias de idade, foram selecionados 32 leitões (um leitão por unidade experimental) para o abate, com peso médio final de $8,24 \pm 0,63$ kg. A seleção foi realizada, levando em conta, o peso mais próximo da média dos animais de cada bloco. O abate foi realizado de acordo com as normas de abate humanitário (BRASIL, 2000), mediante insensibilização por choque elétrico seguido de sangria, quando foram colhidas amostras para avaliar as seguintes características do sistema digestório:

Pesos dos órgãos do sistema digestório

Após a evisceração, o estômago, o intestino delgado, o ceco e o cólon vazios e limpos foram pesados. Para o cálculo dos pesos relativos dos órgãos foi considerado o peso da carcaça quente dos animais (sem vísceras, cerdas e unhas), conforme descrito por SILZ (2000).

pH e viscosidade

Imediatamente após o abate dos animais, amostras dos conteúdos do intestino delgado, ceco e cólon foram colocadas em recipientes plásticos para determinar o pH, com o auxílio de um peagômetro digital, modelo Digimed DM-20, que foi calibrado em soluções tampão de pH 4,0 e 7,0.

Para determinar a viscosidade em milipascal segundo (mPas.s), tomaram-se as mesmas amostras de cada segmento intestinal. As amostras foram homogeneizadas, diluídas com água destilada na proporção de 1:1 e centrifugadas a $12.000 \times g$ por 8 minutos a 15°C . Os sobrenadantes foram avaliados por meio de um viscosímetro digital, marca Brookfield, modelo LVDV-III+ programmable rheometer, utilizando-se rotação de 60 s^{-1} . As avaliações da viscosidade foram realizadas no Laboratório de Nutrição

Animal (LANA) da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

Ácidos graxos de cadeia curta

Amostras de aproximadamente 10 g dos conteúdos do intestino delgado e do ceco foram coletadas, colocadas em recipientes plásticos e congeladas durante 72 horas. Após este período, as amostras foram levadas ao Laboratório de Nutrição Animal (LANA) da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias-UNESP, Câmpus de Jaboticabal, para serem homogeneizadas e centrifugadas a 13.000 x *g* por 15 minutos a 15°C. Cerca de 0,5 mL do sobrenadante juntamente com 0,1 mL de ácido fórmico foi colocado em microtubos do tipo *ependorf*, sendo, em seguida, realizada nova centrifugação a 13.000 x *g* por 15 minutos a 15°C. Por fim, 0,5 mL do novo sobrenadante foi colocado em frascos de vidros para a realização da leitura em cromatógrafo gasoso da marca SHIMADZU, modelo GC- 2014, com injetor de gases AOC-20i e *software* da mesma marca. As concentrações dos ácidos acético, propiônico e butírico foram determinadas segundo ERWIN et al. (1961), sendo expressas em mmol/L.

Estrutura e ultraestrutura do intestino delgado

Para estudar a estrutura do intestino delgado, foram coletados segmentos de cerca de 3 cm do duodeno e da porção média do jejuno. Os segmentos foram abertos pela borda mesentérica, fixados em papelão com grampos e colocados em solução fixadora de *Bouin* por 24 horas. Em seguida, as amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Histopatologia do Departamento de Patologia Veterinária da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP, Câmpus de Jaboticabal, para a confecção das lâminas. Inicialmente, as amostras foram lavadas em água corrente e álcool etílico 70% para remover o fixador de *Bouin*. Posteriormente, as amostras foram desidratadas em série crescente de álcoois, de 70 a 100%, e por bateria de xilol. Por

fim, foram incluídas em parafina e microtomizadas à espessura de 5 μm , sendo 12 cortes semi-seriados para cada segmento de cada animal. A coloração dos cortes foi realizada com hematoxilina-eosina, e para a contagem de células caliciformes foi utilizada a técnica de coloração por ácido periódico-Schiff (PAS) (mucina neutra) e por *Alcian Blue* em pH 2,5 (mucina ácida) (TOLOSA et al., 2003).

Os cortes foram avaliados com aumento de 250 vezes em microscópio de luz, modelo OLYMPUS BX41, acoplado a um sistema de captura de imagens OLYMPUS DP11-N. As imagens foram transferidas para um computador e avaliadas por meio de um *software* Image J-Pro Plus® 4.1. Para avaliar a altura das vilosidades e a profundidade das criptas foram realizadas 30 leituras por amostra para cada parâmetro. Em seguida calculou-se a relação altura das vilosidades e profundidade das criptas para cada amostra. Para avaliar o número de células caliciformes, as contagens foram realizadas em 15 vilosidades por amostra. Os resultados foram apresentados como a somatória das células caliciformes (mucinas ácidas e neutras) e expresso em número de célula caliciforme por vilosidade.

Para as análises de ultraestrutura do intestino delgado, amostras de cerca de 2 cm do duodeno e da porção média do jejuno foram coletadas, lavadas em solução tampão fosfato (0,1 M e pH 7,4), fixadas em glutaraldeído e encaminhadas ao Laboratório de Microscopia Eletrônica da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP, Câmpus de Jaboticabal. As amostras foram desidratadas em séries crescentes de etanol, iniciando-se com banhos de 30%, 50%, 70%, 80%, 95% e três banhos de 100%, de forma que as amostras permaneceram em cada banho por 30 minutos. As amostras foram secas em secador de ponto crítico, da marca EMS e modelo EM 850, com o uso de CO_2 . Em seguida, foram montadas e metalizadas em ouro paládio com auxílio do metalizador, da marca DENTON VACUUM e modelo DESK II. Finalmente, as amostras foram observadas e elétron-micrografadas em três áreas de cada amostra com o uso de um microscópio eletrônico de varredura da marca JEOL-Japão e modelo JSM 5410, operado em 15 kV e a 150 vezes de aumento. Assim, estimou-se a densidade das vilosidades, sendo expressas em número de vilosidades/ cm^2 .

Análises microbiológicas

Amostras do conteúdo da porção final do intestino delgado (50 cm da junção íleo-cecal) foram coletadas e encaminhadas, sob refrigeração, ao Centro de Ciência e Qualidade de Alimentos do Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL) - Campinas, para a análise microbiológica.

Nas amostras foram quantificadas as populações das bactérias intestinais dos gêneros *Lactobacillus* spp. e *Escherichia coli*, sendo os resultados expressos em unidade formadora de colônia por grama (UFC.g⁻¹), e *Clostridium perfringens*, com os resultados expressos em número mais provável por grama (NMP.g⁻¹). Para as contagens da *Escherichia coli*, foi utilizada a técnica de plaqueamento (PETRIFILM™ *E. coli* count plate), segundo descrito pela AOAC (2010). Para a avaliação de *Lactobacillus* spp., foi utilizada a técnica de plaqueamento usando como meio de cultivo o Agar Rogosa, segundo descrito por DOWNES e ITO (2001). Para as contagens de *Clostridium perfringens*, foi utilizada a técnica de tubos múltiplos em meio de cultivo de leite e ferro, segundo descrito por ABEYTA et al. (1985). Os resultados foram transformados com o uso da seguinte função: $y = \log_{10}x$, onde x é o número de UFC.g⁻¹ ou NMP.g⁻¹.

Análise estatística

Foi utilizado o delineamento em blocos completos ao acaso para controlar as diferenças no peso inicial dos animais. Todos os resultados foram testados quanto à normalidade e homogeneidade das variâncias e a presença de *outliers*. Em seguida, os resultados do peso dos órgãos do sistema digestório, pH, viscosidade, concentrações de ácidos graxos de cadeia curta, estrutura e ultraestrutura do intestino delgado e das análises microbiológicas foram submetidos à análise de variância (ANOVA), com os efeitos aleatórios de blocos e efeitos fixos de tratamentos incluídos no modelo matemático. Quando a ANOVA indicou diferença significativa ($P < 0,05$), realizou-se a

análise de regressão polinomial (linear e quadrática) pelo procedimento MIXED do SAS (*Statistical Analysis System*, 2002) a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os pesos absoluto e relativo do estômago, intestino delgado, ceco e cólon não foram afetados ($P > 0,05$) pela inclusão de fibra de cana-de-açúcar nas dietas de leitões abatidos aos 35 dias de idade (Tabela 6).

Tabela 6. Valores médios e coeficiente de variação (CV) para os pesos absolutos (g do órgão) e relativos dos órgãos (g do órgão/kg de carcaça) do sistema digestório de leitões abatidos aos 35 dias de idade em função das inclusões de fibra de cana-de-açúcar nas dietas.

Variável	Nível de fibra de cana-de-açúcar, %				P ¹	CV, %
	0	1	2	3		
Pesos absolutos						
Estômago	75,00	83,13	79,38	77,50	0,384	12,90
Intestino delgado	406,25	428,75	431,25	431,88	0,574	10,56
Ceco	18,13	17,50	17,78	17,65	0,975	17,55
Cólon	130,63	125,00	125,00	125,63	0,948	16,98
Pesos relativos						
Estômago	12,73	14,29	13,47	13,04	0,248	13,32
Intestino delgado	69,02	73,80	73,19	72,47	0,541	10,75
Ceco	3,06	2,99	2,99	3,00	0,988	17,77
Cólon	22,07	21,48	21,21	21,24	0,967	17,06

¹Valor de P da análise de variância.

De modo diferente do observado no presente estudo, FREIRE et al. (2000) verificaram que leitões alimentados com dietas contendo os farelos de trigo e de alfafa (fibra insolúvel), apresentaram redução nos pesos do estômago, do intestino delgado e do intestino grosso em relação àqueles alimentados com casca de soja e polpa de beterraba (fibra solúvel). Por outro lado, RIJNEN et al. (2001), PLUSKE et al. (2003) e WELLOCK et al. (2008) ao avaliarem os pesos absoluto e relativo do ceco não observaram efeito da inclusão de fibra insolúvel nas dietas de suínos.

Muitas divergências são encontradas na literatura no que se refere aos pesos dos órgãos do sistema digestório de leitões (WENK, 2001; PÉREZ e NOFRARÍAS, 2008). Uma possível explicação para os resultados observados nesse estudo é que os níveis de fibra de cana-de-açúcar utilizados foram muito baixos que ao passarem pelo trato gastrointestinal não demandaram energia suficiente por parte dos órgãos do animal para ser digerida, não se apresentando mudanças nos pesos dos órgãos do sistema digestório.

Os valores médios de pH dos conteúdos do intestino delgado, ceco e cólon não foram influenciados ($P > 0,05$) pelos níveis de inclusão de fibra de cana-de-açúcar nas dietas de leitões abatidos as 35 dias de idade (Tabela 7).

Tabela 7. Valores médios e coeficiente de variação (CV) de pH dos conteúdos do intestino delgado, ceco e cólon de leitões abatidos aos 35 de idade em função das inclusões de fibra de cana-de-açúcar nas dietas

Variável	Nível de fibra de cana-de-açúcar, %				P^1	CV, %
	0	1	2	3		
Intestino delgado	6,12	6,14	6,17	6,36	0,199	4,00
Ceco	5,67	5,65	5,72	5,78	0,857	5,83
Cólon	5,83	5,99	6,00	5,97	0,452	4,09

¹Valor de P da análise de variância.

HÖGBERG e LINDBERG (2004) estudando dois níveis de inclusão (8,9% e 16,2%) da combinação de diversas fontes de fibra insolúvel (aveia, cevada, trigo e triticale), observaram que a inclusão de 16,2% da combinação de fibra insolúvel promoveu redução nos valores de pH do ceco e do cólon dos leitões em relação à inclusão do nível inferior. Esses autores sugeriram que a maior proporção de fibra na dieta pode ter sido utilizada como substrato energético pela microbiota, gerando maior produção de AGCC e, conseqüentemente, reduzindo o pH intestinal. No entanto, CARNEIRO et al. (2008) não demonstraram efeitos da adição de 15% de farelo de trigo (fibra insolúvel) ou 9% de sabugo de milho (fibra solúvel) nas dietas de leitões sobre o pH intestinal.

É importante mencionar que os valores de pH estão relacionados tanto com o aumento das secreções gástricas quanto com a produção de AGCC no intestino ao utilizar fibra dietética (BROWNLEE, 2011). Os trabalhos de CARNEIRO et al. (2008) e HANCZAKOWSKA et al. (2008) comprovaram esse efeito ao verificarem menores valores de pH no intestino grosso do que aqueles observados no intestino delgado, coincidindo com os resultados obtidos no presente estudo.

As inclusões crescentes de fibra de cana-de-açúcar não promoveram efeito ($P > 0,05$) sobre a viscosidade dos conteúdos do intestino delgado, ceco e cólon dos leitões (Tabela 8).

Tabela 8. Valores médios e coeficiente de variação (CV) da viscosidade (mPa.s) dos conteúdos do intestino delgado, ceco e cólon de leitões abatidos aos 35 dias de idade em função das inclusões de fibra de cana-de-açúcar nas dietas

Variável	Nível de fibra de cana-de-açúcar, %				P^1	CV, %
	0	1	2	3		
Intestino delgado	0,85	0,67	0,68	0,76	0,796	55,32
Ceco	0,83	0,63	0,88	0,87	0,553	46,28
Cólon	0,93	0,91	0,72	1,02	0,449	46,15

¹Valor de P da análise de variância.

Sabe-se que as fibras solúveis, geralmente, ao passarem pelo intestino delgado aumentam o grau de viscosidade da digesta, afetando a absorção dos nutrientes, além de serem fermentadas rapidamente (BACH KNUDSEN, 2001a; PÉREZ e NOFRARÍAS, 2008). Além disso, as fibras solúveis causam alterações nos movimentos peristálticos do intestino, o que provoca aumento no tempo de trânsito gastrintestinal e desequilíbrio na relação entre as bactérias patogênicas e benéficas provocando, finalmente, o aparecimento de patologias entéricas (Mc DONALD et al., 2001; HOPWOOD et al., 2002). No entanto, as fibras insolúveis produzem reduzida viscosidade da digesta ao passar pelo intestino (MATEOS et al., 2006).

Diferentemente dos resultados encontrados nesse estudo, MATEOS et al. (2007) ao avaliarem a inclusão da casca de aveia (2,0 e 4,0%), como fonte de fibra insolúvel, observaram melhora no desempenho animal e menor viscosidade intestinal. Em

contrapartida, MARUJO (2013) não observou diferenças na viscosidade, quando avaliou níveis crescentes de celulose purificada (fibra insolúvel).

As concentrações dos AGCC no intestino delgado ($P > 0,05$) e a produção de ácido acético no ceco ($P = 0,060$) não foram influenciadas pela inclusão de fibra de cana-de-açúcar nas dietas dos leitões. Entretanto, o aumento nos níveis de fibra ocasionou aumentos lineares ($P < 0,05$) nas concentrações dos ácidos propiônico ($y = 7,0141x + 13,0361$; $P = 0,006$; $R^2 = 0,22$) e butírico ($y = 6,0223x + 9,8637$; $P < 0,01$; $R^2 = 0,44$) no ceco dos animais (Tabela 9).

Tabela 9. Valores médios e coeficiente de variação (CV) das concentrações de ácidos graxos de cadeia curta no intestino delgado e no ceco de leitões abatidos aos 35 dias de idade em função das inclusões de fibra de cana-de-açúcar nas dietas

Variável	Nível de fibra de cana-de-açúcar, %				P^1	Regressão	CV, %
	0	1	2	3			
Intestino delgado, mmol/L							
Ácido acético	10,91	10,61	11,18	10,66	0,694	-	8,00
Ácido propiônico	0,67	0,52	0,73	0,49	0,279	-	44,95
Ácido butírico	6,09	7,70	7,31	8,93	0,489	-	44,00
Ceco, mmol/L							
Ácido acético	38,24	47,13	58,81	65,91	0,060	-	41,50
Ácido propiônico	21,81	23,68	35,57	41,24	0,045	Linear	52,49
Ácido butírico	16,10	22,11	26,87	34,72	0,005	Linear	44,33

¹Valor de P da análise de variância.

A fração fibrosa da dieta estimula o crescimento de bactérias celulolíticas (*Fibrobacter succinogenes*, *Ruminococcus flavefaciens*, *Ruminococcus albus*, *Butyrivibrio* spp., e *Clostridium hervivorans*) e hemicelulolíticas (*Prevotella ruminicola*), as quais, ao fermentar a fibra, convertem uma molécula de glicose em duas moléculas de piruvato (via glicólise), das quais derivam-se os AGCC (VAREL e YEN, 1997). Da mesma maneira que os resultados observados nesse estudo, CARNEIRO et al. (2008)

relataram menores concentrações de AGCC no intestino delgado em relação ao intestino grosso, ao testarem a inclusão de 9% de farelo de trigo (fibra insolúvel).

Resultados diferentes dos encontrados no presente estudo foram observados por HANCZAKOWSKA et al. (2008) e PASCOAL (2009), que não verificaram influência na produção de ácido acético no ceco, ao avaliarem níveis crescentes de celulose purificada (0, 0,5, 1,5, 2,0%) e, celulose purificada e casca de soja (1,5 e 3,0%), respectivamente, como fontes de fibra insolúvel nas dietas de leitões desmamados. Em contrapartida, CARNEIRO et al. (2008) demonstraram diminuição na produção de ácido acético no ceco dos animais alimentados com dietas contendo farelo de trigo (fibra insolúvel).

FREIRE et al. (2000) ao avaliarem o farelo de trigo, a casca de soja, o farelo de alfafa e a polpa de beterraba, como fontes de fibras nas dietas, não observaram influência dos diferentes tipos de fibra sobre a produção de ácido propiônico, resultados que diferiram, em parte, dos encontrados neste estudo.

Os AGCC são absorvidos no intestino, sendo o ácido butírico a principal fonte de energia para o epitélio intestinal, além de facilitar as absorções de água e sódio pela mucosa intestinal (BACH KNUDSEN, 2001a). Além disso, o aumento na produção de ácido butírico promove redução na incidência de diarreia (WILLIAMS et al., 2001). CARNEIRO et al. (2008) encontraram maior quantidade de ácido butírico utilizando o farelo de trigo na dietas de leitões. Com isso, pode-se inferir que as quantidades de cada tipo de AGCC produzidos no intestino delgado e no ceco dependem muito da fonte e do nível de inclusão de fibra nas dietas dos animais, além da microbiota intestinal que fermenta essa fibra (BACH KNUDSEN, 2001a; CANIBE e BACH KNUDSEN, 2001).

Os valores médios da altura das vilosidades, da profundidade das criptas, da relação entre a altura das vilosidades e a profundidade das criptas, do número de células caliciformes e da densidade de vilosidades no duodeno e no jejuno de leitões alimentados com dietas contendo níveis de fibra de cana-de-açúcar são apresentados na Tabela 10.

Tabela 10. Valores médios e coeficiente de variação (CV) da altura das vilosidades (AV), da profundidade das criptas (PC), da relação altura das vilosidades e profundidade das criptas (AV/PC), do número de células caliciformes (CC) e da densidade de vilosidades (DV) no duodeno e no jejuno de leitões abatidos aos 35 dias de idade em função das inclusões de fibra de cana-de-açúcar nas dietas.

Variável	Nível de fibra de cana-de-açúcar, %				P ¹	Regressão	CV, %
	0	1	2	3			
Duodeno							
AV, µm	591,34	657,78	556,03	589,55	0,189	-	15,91
PC, µm	217,31	229,93	214,93	250,03	0,352	-	18,72
AV/PC	4,17	4,18	3,69	3,24	0,021	Linear	19,34
CC ²	14,54	12,58	10,09	13,67	0,064	-	28,53
DV, cm ²	2580,17	2965,46	2639,74	2752,94	0,934	-	45,91
Jejuno							
AV, µm	535,30	615,98	489,62	563,63	0,141	-	19,19
PC, µm	232,91	242,10	293,72	270,07	0,040	Linear	17,27
AV/PC	3,52	3,86	2,58	3,05	0,052	-	29,29
CC ²	10,81	9,55	10,41	10,96	0,713	-	27,49
DV, cm ²	2294,29	1935,37	2818,75	2236,61	0,485	-	46,53

¹Valor de P da análise de variância;

²Somatória das células caliciformes produtoras de mucina neutra e ácida.

Não houve efeito dos níveis de fibra de cana-de-açúcar sobre a altura das vilosidades ($P > 0,05$), a profundidade das criptas ($P > 0,05$), o número de células caliciformes ($P = 0,064$) e a densidade das vilosidades ($P > 0,05$) no duodeno dos leitões. Houve redução linear ($y = -0,3274x + 4,6406$; $P = 0,003$; $R^2 = 0,34$) na relação altura das vilosidades e profundidade das criptas, à medida em que os níveis de inclusão de fibra de cana-de-açúcar nas dietas aumentaram.

A altura das vilosidades ($P > 0,05$), a relação altura das vilosidades e profundidade das criptas ($P = 0,052$), o número de células caliciformes ($P > 0,05$) e a densidade das vilosidades ($P > 0,05$) no jejuno dos leitões não foram afetados pelos tratamentos. Houve aumento linear ($y = 17,1075x + 217,16$; $P = 0,028$; $R^2 = 0,15$) na profundidade das criptas no jejuno, com a inclusão de níveis crescentes de fibra de cana-de-açúcar nas dietas.

A renovação das células do epitélio intestinal depende tanto das características físico-químicas da fibra dietética quanto do seu nível de inclusão na ração (MONTAGNE et al., 2003). Assim, o uso de fibra insolúvel em quantidades adequadas pode influenciar positivamente o funcionamento e a altura das vilosidades, regulando adequadamente a taxa de renovação celular e melhorando a absorção dos nutrientes da digesta (PLUSKE et al., 1996; MONTAGNE et al., 2003).

O aumento na profundidade das criptas representa uma rápida necessidade de renovação celular das células epiteliais no ápice das vilosidades. Nesse estudo, os valores de profundidade das criptas no duodeno não foram afetados pelos tratamentos, o que leva a inferir que não houve necessidade de renovação celular nesse segmento. TREVISI et al. (2010) não observaram efeitos da inclusão de farelo de trigo (fibra insolúvel) e polpa de beterraba (fibra solúvel) sobre a profundidade das criptas no jejuno de leitões desmamados. De modo semelhante, PASCOAL (2009) não observou influência de diversas fontes de fibra (solúvel e insolúvel) sobre a profundidade das criptas no jejuno.

Sabe-se que a redução da relação altura das vilosidades e profundidade das criptas está diretamente relacionada com a diminuição da capacidade absorptiva do epitélio intestinal (MONTAGNE et al., 2003). Portanto, diante dos resultados obtidos no presente estudo, sugere-se que a inclusão de fibra de cana-de-açúcar na dieta de leitões recém-desmamados pode comprometer a absorção dos nutrientes pela redução da relação altura das vilosidades e profundidade das criptas no duodeno.

HEDEMANN et al. (2006) comparando uma fonte de fibra solúvel (7,1% de pectina) com outra de fibra insolúvel (9,6% de casca de cevada) nas dietas de leitões desmamados, verificaram aumentos nos valores da altura das vilosidades (268 x 351 μm), da profundidade das criptas (255 x 286 μm) e da relação altura das vilosidades e profundidade das criptas no intestino delgado (1,06 x 1,24), ao utilizarem a fibra insolúvel nas dietas. Da mesma forma, MARUJO (2013) observou que a relação altura das vilosidades e profundidade das criptas do duodeno aumentou pela inclusão de celulose purificada em níveis crescentes (0, 1,5, 3,0 e 4,5%). Por outro lado, HANCZAKOWSKA et al. (2008) também avaliando a inclusão de celulose purificada (0,

0,5, 1,5 e 2,0%), não observaram influência sobre a relação altura das vilosidades e profundidade das criptas no intestino delgado de leitões após o desmame, o que concordou com os resultados do presente estudo.

A quantidade de muco (mucina) no intestino depende do número de células caliciformes presentes nas vilosidades e essa mucina atua fixando as bactérias patogênicas impedindo o acesso ao epitélio intestinal (MONTAGNE et al., 2003). No presente trabalho, as contagens de células caliciformes no duodeno e jejuno não foram influenciadas pela inclusão de fibra de cana-de-açúcar. Esses resultados discordaram, parcialmente, daqueles apresentados por GOMES et al. (2006) que verificaram aumento na contagem de células caliciformes no jejuno, porém não no duodeno, quando avaliaram a inclusão de 8% de fibra em detergente neutro na dieta de leitões. Sugere-se que a fibra pode causar abrasão intestinal, fato que aumenta a produção de mucina para protegê-lo. Além disso, o aumento na altura das vilosidades contribui para o aumento das células caliciformes e produção de mucina no intestino (MOLIST et al., 2014), mas nesse estudo não se encontrou essa relação no duodeno e no jejuno.

As vilosidades intestinais atrofiam-se num período de dois a três dias pós-desmame devido ao estresse que o leitão sofre pela mudança de ambiente e dieta, porém a recuperação pode ocorrer dentro de duas semanas (HEDEMANN et al., 2003). No presente estudo, as avaliações da morfologia intestinal foram realizadas no final dessas duas semanas, assim poderia ter acontecido atrofia de algumas vilosidades e recuperação de outras, sendo que aquelas em recuperação compensaram rapidamente o funcionamento das demais, aumentando, assim, a sua altura para manter boa saúde intestinal dos animais (LANGHOUT et al., 1999) demonstrada nessa primeira fase.

As densidades das vilosidades do duodeno e do jejuno, no presente estudo, não foram influenciadas pela adição de fibra de cana-de-açúcar nas dietas de leitões. De modo semelhante, PASCOAL (2009) e MARUJO (2013) não observaram influência de diversas fontes de fibra nas dietas de leitões sobre a densidade das vilosidades do duodeno. Entretanto, PASCOAL (2009) verificou diminuição na densidade das vilosidades do jejuno quando adicionou celulose purificada (fibra insolúvel) nas dietas dos leitões.

Nas Figuras 1 e 2, encontram-se as elétrtron-micrografias do duodeno e do jejuno de leitões abatidos aos 35 dias de idade.

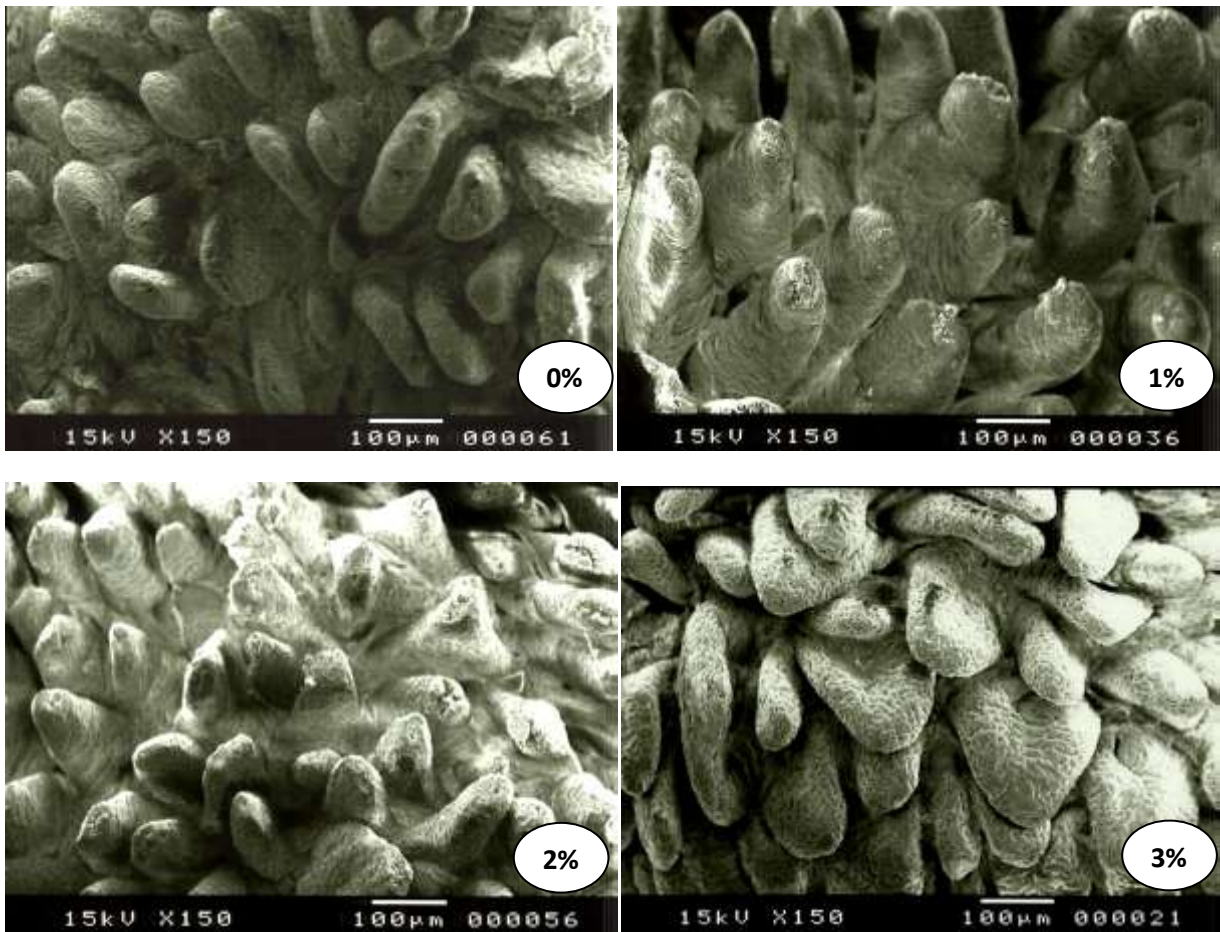


Figura 1. Elétron-micrografias de varredura do duodeno de leitões aos 35 dias de idade. 0, 1, 2 e 3% representam os níveis de inclusão de fibra de cana-de-açúcar: Aumento= 150X

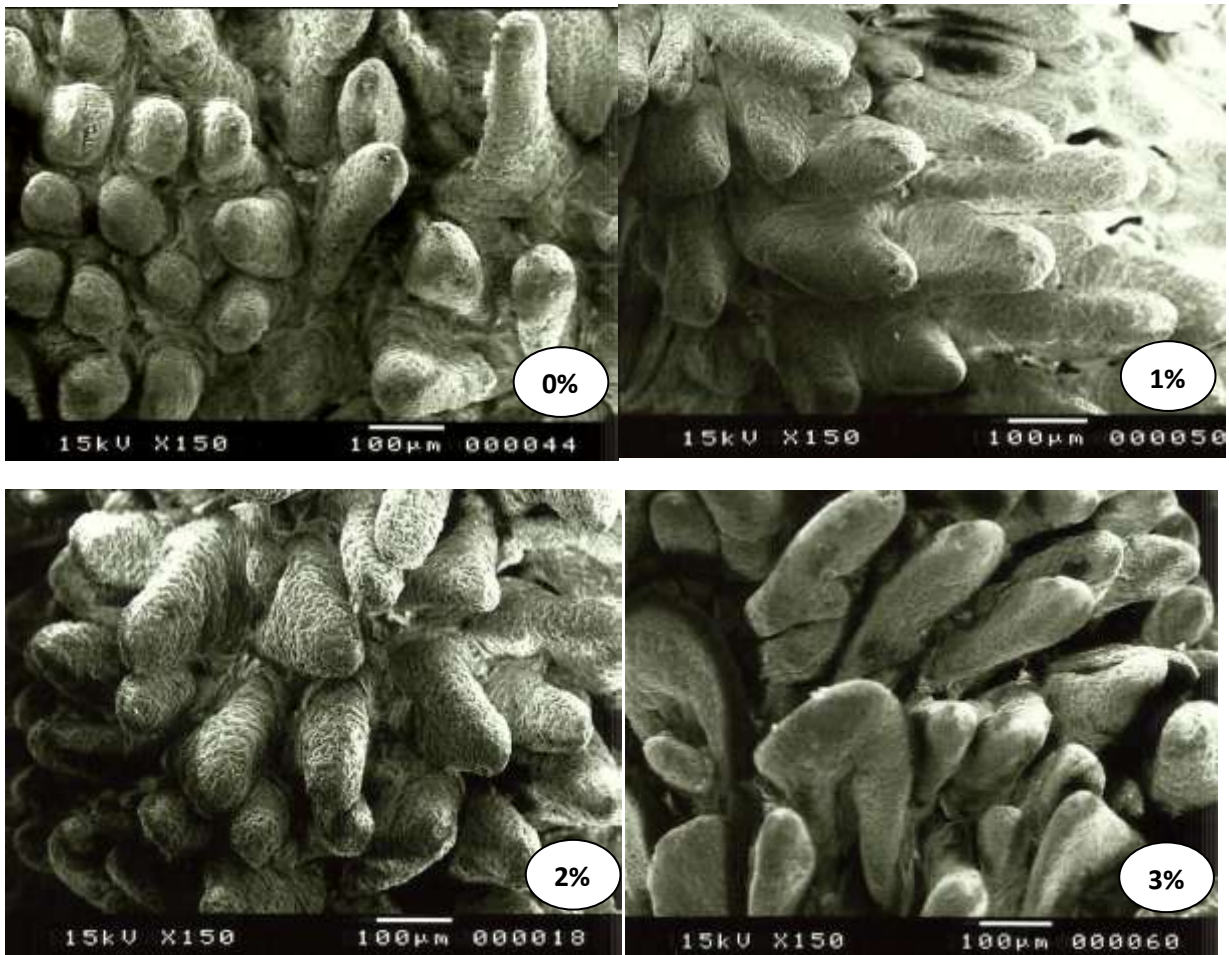


Figura 2. Elétron-micrografias de varredura do jejuno de leitões aos 35 dias de idade.

0, 1, 2 e 3% representam os níveis de inclusão de fibra de cana-de-açúcar:

Aumento= 150X

O aumento nos níveis de inclusão de fibra de cana-de-açúcar nas dietas dos leitões não afetou a contagem de *Lactobacillus* spp. ($P > 0,05$), *Escherichia coli* ($P > 0,05$) e *Clostridium perfringens* ($P = 0,066$) no conteúdo do intestino delgado dos animais aos 35 dias de idade (Tabela 11).

Tabela 11. Valores médios e coeficiente de variação (CV) das contagens de *Lactobacillus* spp., *Escherichia coli* e *Clostridium perfringens* no intestino delgado de leitões abatidos aos 35 dias de idade em função das inclusões de fibra de cana-de-açúcar nas dietas

Variável	Nível de fibra de cana-de-açúcar, %				P ¹	CV, %
	0	1	2	3		
<i>Lactobacillus</i> spp., log ₁₀ UFC.g ⁻¹	8,56	8,24	8,46	8,24	0,663	7,47
<i>Escherichia coli</i> , log ₁₀ UFC.g ⁻¹	5,90	6,14	6,21	6,76	0,463	18,54
<i>Clostridium perfringens</i> , log ₁₀ NMP.g ⁻¹	2,86	2,07	2,03	2,30	0,066	32,76

¹Valor de P da análise de variância.

Uma boa saúde intestinal se traduz num equilíbrio entre as bactérias benéficas e as patogênicas, sendo os ingredientes da dieta um dos fatores determinantes desse equilíbrio (WILLIAMS, 2001). Na literatura, menciona-se que a fibra insolúvel é responsável por diminuir o tempo de trânsito gastrintestinal da digesta e reduzir a quantidade de bactérias patogênicas (Mc DONALD et al., 2001). No entanto, no presente estudo, a fibra de cana-de-açúcar utilizada não demonstrou efeito sobre as contagens de *Escherichia coli* e de *Clostridium perfringens*.

Da mesma forma que nesse estudo, BIKKER et al. (2006) e PASCOAL (2009) não observaram efeitos de diversas fontes de fibra (solúvel e insolúvel) sobre a contagem de *Lactobacillus* spp. Contudo, MOLIST et al. (2009) observaram maiores valores para *Lactobacillus* spp., quando incluíram 8% de fibra insolúvel nas dietas de leitões.

Conforme mencionado anteriormente, as quantidades de *Clostridium perfringens* no conteúdo intestinal dos animais não foram influenciadas pelos tratamentos. Esses

resultados concordaram com os observados por SCHEDULE et al. (2008) que avaliaram o efeito do farelo de trigo (fibra insolúvel) e do pólen de pinheiro (fibra solúvel) em dietas de leitões e não verificaram efeito sobre a contagem de *Clostridium perfringens* no intestino delgado. Diferentemente dos resultados do presente estudo, HANCZAKOWSKA et al. (2008) encontraram diminuição na população de *Clostridium perfringens* no intestino delgado, quando 2% de celulose purificada foi adicionada nas dietas.

CONCLUSÕES

Conclui-se que a adição de fibra de cana-de-açúcar em níveis de até 3% nas dietas de leitões aos 35 dias de idade, estimula as produções dos ácidos propiônico e butírico no ceco, porém compromete a histologia do epitélio intestinal.

REFERÊNCIAS

- ABEYTA, J. R.; MICHALOVISKIS, A.; WEKELL, M. M. Differentiation of *Clostridium perfringens* from related clostridia in iron milk medium. **Journal of Food Protection**, Iowa, v.48, p. 130-134, 1985.
- AOAC. Official Method 991.14 (Petriplate *E.coli* Count Plate). In: HORWITZ, W. (ed.), **Official Methods of Analysis of AOAC International**, 18th edition, revision 3. Gaithersburg, Maryland: AOAC International, 2010. Chapter 17, p. 32.
- BACH KNUDSEN, K. E. The nutritional significance of “dietary fibre” analysis. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 90, p. 3-20, 2001a.
- BACH KNUDSEN, K. E. Development of antibiotic resistance and options to replace antimicrobials in animal diets. **Proceedings of the Nutrition Society**, Dublin, v. 60, p. 291-299, 2001b.

BIKKER, P.; DIRKZWAGER, A.; FLEDDERUS, J.; TREVISI, P.; LE HUËROU-LURON, I.; LALLÈS, 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**, Cambridge, v. 84, p. 3337-3345, 2006.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa nº 3/2000. Dispõe sobre o regulamento técnico de métodos de insensibilização para o abate humanitário de animais de açougue. **Diário Oficial da União**, Brasília, 24 jan. 2000. Seção 1, p. 14.

BROWNLEE, I. A. The physiological roles of dietary fibre. **Food Hydrocolloids**, Philadelphia, v. 25, p. 238-250, 2011.

CANIBE, N.; BACH KNUDSEN, K. E. Degradation and physicochemical changes of barley and pea fibre along the gastrointestinal tract of pigs. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, New York, v. 82, p. 27-39, 2001.

CARNEIRO, M. S. C.; LORDELO, M. M.; CUNHA, L. F.; FREIRE, J. P. B. Effects of dietary fibre source and enzyme supplementation on faecal apparent digestibility, short chain fatty acid production and activity of bacterial enzymes in the gut of piglets. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 146, p.124-136, 2008.

DOWNES, F. P.; ITO, K. (eds). Compendium of methods for the microbiological examination of foods, 4.ed. Washington, D. C.: American Public Health Association, 2001, p. 676.

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.

FREIRE, J. P. B.; GUERREIRO, A. J. G.; CUNHA, L. F.; AUMAITRE, A. Effect of dietary fibre source on total tract digestibility, caecum volatile fatty acids and digestive transit time in the weaned piglet. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 87, p. 71-83, 2000.

GOMES, J. D. F.; BLAZQUEZ, F. J. H.; FUKUSHIMA, R. S.; UTIYAMA, C. E.; OETTING, L. L.; LIMA, G. J. M. M. Efeitos do incremento da fibra em detergente neutro na ração de suínos sobre a histologia de segmentos do trato intestinal. **Brazilian Journal Veterinary Research and Animal Science**, São Paulo, v.43, p.210-219, 2006.

HANCZAKOWSKA, E.; SWIATKIEWICZ, M.; BIAŁECKA, A. Pure cellulose as a feed supplement for piglets. **Medycyna Weterynaryjna**, Lublin, v. 64, p. 45-48, 2008.

HEDEMANN, M. S.; ESKILDSEN, M.; L LÆRKE, 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**, Cambridge, v. 84, p. 1375-1386, 2006.

HEDEMANN, M. S.; HØJSGAARD, S.; JENSEN, B. B. Small intestinal morphology and activity of intestinal peptidases in piglets around weaning. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, Berlin, v. 87, p. 32-41, 2003.

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

HOPWOOD, D. E.; PETHICK, D. W.; PLUSKE, J. R.; HAMPSON, D. J. Increasing the viscosity of the intestinal contents stimulates proliferation of enterotoxigenic *Escherichia coli* and *Brachyspira pilosicoli* in weaner pigs. **British Journal of Nutrition**, London, v. 88, p. 523-532, 2002.

LANGHOUT, D. J.; SCHUTTE, J. B.; VAN LEEVWEN, P.; WIEBENGA, J.; TAMMINGA, S. Effect of dietary high and low methylated citrus pectin on the activity of the ileal microflora and morphology of the small intestine wall of broiler chicks. **British Poultry Science**, London, v. 40, p. 340-347, 1999.

MARUJO, M. V. **Celulose em dietas para leitões recém-desmamados**. 2013, 64p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2013.

MATEOS, G. G.; LÁZARO, R.; GONZÁLES-ALVARADO, J. M.; JIMÉNEZ, E.; VICENTE, B. Efectos de la fibra dietética en piensos de iniciación para pollitos y lechones. FEDNA. Fundación Española Desarrollo Nutrición Animal. In: **Curso de Especialización: Avances en Nutrición y Alimentación Animal**, 22., Barcelona, Memorias, Barcelona, 2006. p. 39-66.

MATEOS, G. G.; LÓPEZ, E.; LATORRE, M. A.; VICENTE, B.; LÁZARO, R. P. The effect of inclusion of oat hulls in piglets diets based on raw or cooked rice and maize. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 135, p. 100-112, 2007.

MC DONALD, 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**, London, v. 86, p. 487-498, 2001.

MOLIST, F.; DE SEGURA, A. G.; GASA, J.; HERMES, R. G.; MANZANILLA, E. G.; ANGUITA, M.; PÉREZ, J. F. Effects of the insoluble and soluble dietary fibre on the physicochemical properties of digesta and the microbial activity in early weaned piglets. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 149, p. 346-353, 2009.

MOLIST, F.; VAN OOSTRUM, M.; PÉREZ, J. F.; MATEOS, G. G.; NYACHOTI, C. M.; VAN DER AAR, P. J. Relevance of functional properties of dietary fibre in diets for weanling pigs. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 189, p. 1-10, 2014.

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.

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.

PÉREZ, F. J.; NOFRARÍAS, M. Influencia de la nutrición sobre la patología digestiva del lechón. FEDNA. Fundación Española Desarrollo Nutrición Animal. In: **Curso de Especialización: Avances en Nutrición y Alimentación Animal**, 24., Madrid, Memorias, Madrid, 2008. p. 81-105.

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.

PLUSKE, J. R.; WILLIAMS, I. H.; AHERNE, F. X. Maintenance of villous height and crypt depth in piglets by providing continuous nutrition after weaning. **Journal of Animal Science**, Cambridge, v. 62, p. 131-144, 1996.

RIJNEN, M. M. J. A; DEKKER, R. A.; BAKKER, G. C. M.; VERSTEGEN, M. W. A.; SCHRAMA, J. W. Effects of dietary fermentable carbohydrates on the empty weights of gastrointestinal tract in growing pig. In: **The Digestive Physiology of Pigs: Gut Development and Function**, Uppsala. University of Agricultural, 2001, p. 17-20.

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.; EUCLIDES, R. F. **Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos: composição dos alimentos e exigências nutricionais**. 3. ed., Viçosa: UFV, 2011, p. 252.

SCHEDLE, K.; PLITZNER, C.; ETTLE, T.; ZHAO, L.; DOMIG, K. J.; WINDISCH, W. Effects of insoluble dietary fibre differing in lignin on performance, gut microbiology, and digestibility in weanling piglets. **Archives of Animal Nutrition**, Oxford, v. 62, p. 141-151, 2008.

SILZ, L. Z. T. **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.

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, p. 331.

TREVISI, P.; LALLES, J. P.; FAVIER, C.; LE HUEROU-LURON, I.; SEVE, B. Enrichissement en fibres du régime de sevrage du porcelet: influence sur les caractéristiques du tube digestif et la digestibilité iléale des acides aminés. **Journées Recherche Porcine**, Paris, v. 3, p. 93-94, 2010.

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

VIOLA, E. S.; VIEIRA, S. L. Ácidos orgânicos e suas misturas em dietas de suínos. In: SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO E NUTRIÇÃO DE AVES E SUINOS. Campinas, 2003. **Anais...** Campinas; CBNA, 2003, p. 255-284.

WELLOCK, I. J.; FORTOMARIS, P. D.; HOUDIJK, J. G. M.; WISEMAN, J.; KYRIAZAKIS, I. The consequences of non-starch polysaccharide solubility and inclusion level on the health and performance of weaned pigs challenged with enterotoxigenic *Escherichia coli*. **British Journal of Nutrition**, London, v. 99, p. 520-530, 2008.

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.

WILLIAMS, B. A.; VERSTEGEN, M. W. A.; TAMMINGA, S. Fermentation in the large intestine of single-stomached animals and its relationship to animal health. **Nutrition Research Review**, Belfast, v. 14, p. 207-227, 2001.