

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

FIBRA DA CANA-DE-AÇÚCAR PARA SUÍNOS PESADOS EM RESTRIÇÃO
ALIMENTAR QUALITATIVA

Maryane Sespere Faria de Oliveira
Zootecnista

2016

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

FIBRA DA CANA-DE-AÇÚCAR PARA SUÍNOS PESADOS EM RESTRIÇÃO
ALIMENTAR QUALITATIVA

Maryane Sespere Faria de Oliveira

Orientador: Profa. Dra. Maria Cristina Thomaz

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias- UNESP, câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Zootecnia

Oliveira, Maryane Sespere Faria
O48f Fibra da cana-de-açúcar para suínos pesados em restrição alimentar qualitativa. / Maryane Sespere Faria de Oliveira. – – Jaboticabal, 2016
xi, 71 p. ; 28 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2016

Orientador: Maria Cristina Thomaz

Banca examinadora: Fábio Enrique Lemos Budiño, Jane Maria Bertocco Ezequiel, Luciano Hauschild, Pedro Henrique Watanabe

Bibliografia

1. Carcaça. 2. Fibra dietética. 3. Nutrição. 4. Suínos. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 636.084.5:636.4



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

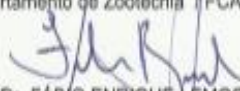
TÍTULO DA TESE: FIBRA DA CANA-DE-AÇÚCAR PARA SUÍNOS PESADOS EM RESTRIÇÃO ALIMENTAR QUALITATIVA.

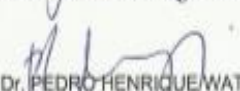
AUTORA: MARYANE SESPERE FARIA DE OLIVEIRA

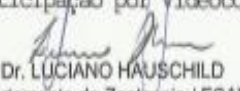
ORIENTADORA: MARIA CRISTINA THOMAZ

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


Profa. Dra. MARIA CRISTINA THOMAZ
Departamento de Zootecnia / FCAV / UNESP - Jaboticabal


Prof. Dr. FÁBIO ENRIQUE LEMOS BUDIÑO
Instituto de Zootecnia / APTA / Nova Odessa/SP


Prof. Dr. PEDRO HENRIQUE WATANABE
UFC / Universidade Federal do Ceará - Fortaleza/CE
Participação por Videoconferência


Prof. Dr. LUCIANO HAUSCHILD
Departamento de Zootecnia / FCAV / UNESP - Jaboticabal


Profa. Dra. JANE MARIA BERTOCCO EZEQUIEL
Departamento de Zootecnia / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Jaboticabal, 15 de fevereiro de 2016

DADOS CURRICULARES DA AUTORA

MARYANE SESPERE FARIA DE OLIVEIRA – nascida em 28 de Dezembro de 1986, na cidade de Cuiabá- MT, filha de Sebastião Jeronimo de Oliveira e Eva Maria Sespere de Oliveira, concluiu o ensino médio em 2003 na escola La Salle, na cidade de Rondonópolis- MT. Graduiu-se em Zootecnia pela Universidade Federal de Mato Grosso- Câmpus de Rondonópolis-MT em Março de 2009. Em Agosto deste mesmo ano, ingressou no curso de Mestrado em Ciência Animal, na área de Nutrição e Produção de Monogástricos, pela Universidade Federal de Mato Grosso- Câmpus de Cuiabá-MT, onde foi bolsista pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), obtendo o título de Mestre em Julho de 2011. Em março de 2012, iniciou o curso de Doutorado na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias/UNESP- Câmpus de Jaboticabal, na área de Nutrição de Monogástricos, sob orientação da Profa. Dra. Maria Cristina Thomaz. Durante o curso de doutorado, a autora foi bolsista do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP). Em janeiro de 2015, realizou estágio de pesquisa no exterior, na University of Illinois- USA, por oito meses, a qual foi bolsista da CAPES.

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes.”

Marthin Luther King

À minha família: meus pais Sebastião Jerônimo e Eva Maria por todo apoio em minhas escolhas, amor incondicional, dedicação, paciência e compreensão. Acima de tudo, por serem a minha maior referência;

À minha querida irmã Luana pelo companheirismo e amor;

À minha avó materna Eugênia (*in memoriam*) por olhar por mim onde estiver;

À minha avó paterna Maria Cecília por lembrar de mim sempre em suas orações.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Deus, pelo dom da vida;

Aos meus pais, pelo apoio e incentivo permitindo a realização dessa conquista;

À minha irmã, Luana, pela amizade e por compartilharmos bons momentos;

À minha família de Ribeirão Preto, Aparecida, Laura, Vanessa, pelo carinho, dedicação, amizade e serem muitas vezes a minha segunda casa;

À Profa. Dra. Maria Cristina Thomaz, pela orientação, e por contribuir com a minha formação profissional e pessoal;

À FAPESP, pelo auxílio (2012/18488-7) e bolsa concedida (2012/13164-9), permitindo a realização dos experimentos e execução da tese;

Às Professoras Jane Maria Bertocco Ezequiel, Hirasilva Borba e Euclides Braga Malheiros por concederem o laboratório para análises, auxiliarem na metodologia e estatística do trabalho;

Aos Professores Luciano Hauschild, Jane Bertocco Ezequiel, Fábio Enrique Budiño e Pedro Henrique Watanabe por contribuírem com valiosas sugestões à tese;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pela bolsa sanduíche concedida para o estágio na University of Illinois por oito meses, permitindo enriquecimento profissional e pessoal;

I would like to express my gratefulness to Dr. Hans H. Stein, for giving me this amazing opportunity to be a part of his lab. I appreciate it.

Aos funcionários do Setor de Suinocultura da FCAV-Unesp, Sr. Wilson e José, pela grande ajuda durante todo período de experimento e pela amizade cultivada. Aos funcionários do Departamento de Engenharia Rural pelo auxílio durante o experimento com biodigestores;

Aos estagiários, Carlos Arnaldo, Jade, Thaísa, Welex, Leury por toda ajuda concedida durante o experimento;

À secretária da diretoria, Marta Helena por sempre ser tão prestativa com os alunos.

Aos colegas de grupo de pesquisa, Everton, Fabrício Castellini, Marco, Vivian, Daniela, Fabrício Faleiros, Patrícia e Manuela pelo trabalho em equipe que desenvolvemos nesses quatro anos;

Aos amigos de Jabuka Carol Nebo, Sarah, Daniela, Patrícia, Marco, Fabricinho, Thaís, Ariana, Rafael pelos momentos de alegria que sempre compartilhamos juntos.

À todos aqueles que de alguma forma contribuíram para realização dessa conquista.

MUITO OBRIGADA



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de Jaboticabal



CEUA – COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS

CERTIFICADO

Certificamos que o Protocolo nº 014859/12 do trabalho de pesquisa intitulado "**Bagaço de cana-de-açúcar para suínos pesados em programa de restrição alimentar qualitativa**", 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) e foi aprovado pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS (CEUA), em reunião ordinária de 03 de julho de 2012.

Jaboticabal, 03 de julho de 2012.

Prof. Dr. Andriago Barboza De Nardi
Coordenador - CEUA

Sumário

RESUMO.....	iii
ABSTRACT.....	iv
CAPÍTULO 1- CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	1
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	2
2.1. Importância da restrição energética para suínos abatidos pesados	2
2.2. Fibra dietética na nutrição de suínos.....	4
2.2.1. Fibra dietética sobre o desempenho de suínos em terminação.....	5
2.2.2. Fibra dietética sobre as características de carcaça e qualidade de carne de suínos em terminação.....	6
2.3. Cana-de-açúcar na alimentação de suínos	7
3. AGRADECIMENTOS.....	8
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	8
CAPÍTULO 2 – Valor nutritivo de fibra da cana-de-açúcar e a sua inclusão em dietas de suínos abatidos pesados sobre a digestibilidade das dietas, o tempo de trânsito gastrointestinal e o desempenho	12
RESUMO	12
ABSTRACT	13
1. INTRODUÇÃO.....	14
2. MATERIAL E MÉTODOS	15
2.1. Experimento 1: Composição e digestibilidade da fibra da cana-de-açúcar.....	15
2.1.1. Dietas e animais e procedimentos experimentais	15
2.1.2. Preparo das amostras e análises químicas.....	17
2.2. Experimento 2: Desempenho, digestibilidade e taxa de passagem das dietas experimentais	18
2.2.1. Dietas, animais e procedimentos experimentais	18
2.2.2. Preparo das amostras e análises químicas.....	22
2.3. Análises estatísticas.....	22
3. RESULTADOS	23
4. DISCUSSÃO	26
5. CONCLUSÃO.....	29
6. AGRADECIMENTOS.....	29
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	29

CAPÍTULO 3 – Níveis de fibra da cana-de-açúcar sobre o peso dos órgãos do sistema digestório, as características de carcaça e a qualidade da carne de suínos abatidos pesados	32
RESUMO.....	32
ABSTRACT.....	33
1. INTRODUÇÃO.....	34
2. MATERIAL E MÉTODOS	35
2.1. Instalações, animais e dietas experimentais.....	35
2.2. Manejo e abate dos animais.....	38
2.3. Pesos dos órgãos do sistema digestório	38
2.4. Características de carcaça	38
2.5. Qualidade da carne	39
2.5.1. Análise do perfil de ácidos graxos da carne	40
2.4. Análises estatísticas	41
3. RESULTADOS	41
4. DISCUSSÃO	45
5. CONCLUSÃO	48
6. AGRADECIMENTOS.....	48
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	48
CAPÍTULO 4- Fibra da cana-de-açúcar em dietas para suínos em terminação sobre as características das fezes e o potencial de produção de biogás.....	52
RESUMO	52
ABSTRACT.....	53
1. INTRODUÇÃO.....	54
2. MATERIAL E MÉTODOS	55
2.1. Instalações, animais e dietas experimentais.....	55
2.2. Composição e características das fezes	58
2.4. Análise da composição do biogás produzido.....	61
2.5. Delineamento experimental e análises estatísticas	61
3. RESULTADOS	62
4. DISCUSSÃO	66
5. CONCLUSÃO	69
6. AGRADECIMENTOS.....	69
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	70

FIBRA DA CANA-DE-AÇÚCAR PARA SUÍNOS PESADOS EM RESTRIÇÃO ALIMENTAR QUALITATIVA

RESUMO – Foram conduzidos três experimentos com o objetivo de avaliar a composição nutricional e energética da fibra da cana-de-açúcar, os efeitos de sua inclusão em dietas para suínos submetidos a um programa de restrição alimentar qualitativa e abatidos com 130kg, bem como, os efeitos sobre a produção de biogás a partir dos dejetos destes. O primeiro experimento, avaliou a composição e o valor nutricional da fibra da cana-de-açúcar, sendo utilizados 20 suínos com peso inicial de $77,55 \pm 1,74$ kg, foram distribuídos em dois tratamentos (dieta basal e dieta teste, com inclusão de 30% de fibra da cana-de-açúcar) e 10 repetições. No segundo experimento avaliou-se o desempenho dos animais e as características e qualidade da carne. Cinquenta suínos, com peso inicial de $79,33 \pm 6,22$ kg e final de $123,37 \pm 11,18$ kg, foram distribuídos em um delineamento em blocos casualizados, com cinco dietas experimentais (0, 5, 10, 15 e 20% de fibra da cana-de-açúcar) e 10 repetições. O terceiro experimento avaliou a produção de biogás e os seus potenciais de produção, utilizou-se 40 biodigestores tipo batelada, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos (0, 5, 10, 15 e 20% de fibra da cana-de-açúcar) e oito repetições. Os baixos teores de nutrientes e energia digestíveis da fibra da cana-de-açúcar reduziu os coeficientes de digestibilidade das dietas experimentais. Consequentemente, houve piora no desempenho e menor peso final para o abate. Assim, os pesos de carcaça quente, do pernil e da quantidade de carne magra foram reduzidos, à medida que houve aumento nos níveis de fibra da cana-de-açúcar nas dietas. No entanto, melhora nas características de carcaça como diminuição da espessura de toucinho e aumento da relação carne/gordura foram observadas, sem alterar os parâmetros de qualidade da carne. Os teores de minerais nas fezes, foram reduzidos, mas as excreções de resíduos aumentaram, à medida que houve aumento nos níveis de fibra da cana-de-açúcar nas dietas. A produção de biogás e metano, bem como, seus potenciais de produção não sofreram influência das dietas experimentais. Portanto, a utilização da fibra da cana-de-açúcar em programas de restrição alimentar qualitativa para suínos abatidos pesados melhora a qualidade das carcaças dos animais e reduz os teores de minerais nas fezes, mas a

diminuição no desempenho aumenta os dias necessários para os animais atingirem o peso desejável (130 kg) para o abate.

Palavras-chave: carcaça, fibra dietética, nutrição, suínos

SUGARCANE FIBER FOR HEAVY SWINE IN QUALITATIVE FEED RESTRICTION PROGRAM

ABSTRACT – Three trials were realized to evaluate the nutritional composition and energy value of sugarcane fiber, the effects of their inclusion in diets for finishing swine for late slaughter, in a qualitative feed restriction program, and the effects on the production of biogas from the waste of these. The first trial, was conducted to evaluate the composition and nutritional value of the sugarcane fiber, being used 20 pigs with initial weight of 77.55 ± 1.74 kg were distributed into two experimental diets (basal diet and test diet with inclusion of 30% sugarcane fiber) and 10 replicates. In the second experiment evaluated the animal performance, carcass traits and meat quality. Fifty barrows with initial body weight of 79.33 ± 6.22 kg and final body weight of 123.37 ± 11.18 kg were allocated in a randomized block design with five experimental diets (0, 5, 10, 15 and 20% of sugarcane fiber) and 10 replicates. The third experiment evaluated the production of biogas and its production potencial, 40 biodigesters type batch were distributed in a completely randomized design with five treatments (0, 5, 10, 15 and 20% of sugarcane fiber) and eight replications. The low levels of nutrients and digestible energy of the sugarcane fiber reduced the digestibility coefficients of experimental diets, they got worse performance and consequently lower final weight for slaughter. Thus the carcass weight, the ham weight and the amount of lean meat were reduced, as there was an increase in fiber levels of sugarcane in the diets. However, improvement in carcass traits such as decreased backfat thickness and increase of the ratio meat / fat were observed without changing the meat quality parameters. The mineral contents in the feces were reduced, but the waste excretions increased as there was an increase in fiber levels of sugarcane in the diets. The production of biogas and methane, as well as their production not influenced by the diets. Therefore, the use of sugarcane fiber in qualitative feeding programs for heavy swine improves the quality of animal carcasses and reduces the mineral content in the feces, but the worse performance increases the days required to reach the weight desirable (130 kg) for slaughter.

Key-words: carcass, dietary fiber, nutrition, swine

CAPÍTULO 1- CONSIDERAÇÕES GERAIS

1. INTRODUÇÃO

A prática do abate de suínos com 130kg vem sendo adotada por muitas indústrias. Melhorias no material genético, na sanidade e no manejo alimentar têm viabilizado a manutenção dos suínos na granja até alcançarem maior peso de abate. Essa mudança, vem em decorrência das exigências de mercado por maiores quantidades de cortes nobres e carnes mais magras na carcaça, assim, a tipificação e a bonificação por carcaças de melhor qualidade estão se tornando práticas comuns no mercado da carne suína (FACCO, 2003).

Por outro lado, o peso de abate está relacionado diretamente com a quantidade de gordura na carcaça dos suínos. Desta forma, a produção de suínos pesados deve estar vinculada às estratégias nutricionais que otimizem o rendimento de carne magra nas carcaças.

Nesse sentido, a inclusão de ingredientes fibrosos nas dietas de suínos pesados, tem sido uma estratégia utilizada, a fim de reduzir o teor de energia da dieta, limitando a deposição de gordura na carcaça (XANDÉ et al., 2009). Diversos estudos (GOMES et al., 2007; MOREIRA, et al., 2007, FRAGA, et al., 2008a,b) evidenciaram melhora na carcaça de suínos, quando avaliaram ingredientes fibrosos como estratégia de diluição energética das dietas.

No entanto, a inclusão de 10% de polpa cítrica nas dietas de suínos pesados, aumentou o ganho diário de peso, mas não aumentou a quantidade de carne magra nas carcaças (WATANABE et al., 2010a,b). Os efeitos controversos na utilização de fibra para suínos, podem ser explicados pelos diferentes modos de atuação dos componentes da fibra, que variam de acordo com cada ingrediente fibroso.

Outro ponto favorável na utilização da fibra, é que a sua utilização aumenta a quantidade de fezes produzidas, mas reduz as concentrações de minerais nas fezes, como nitrogênio, fósforo e potássio, diminuindo seu poder poluente, isso foi observado por Fraga et al. (2009), quando adicionaram 20% de casca de arroz nas dietas de suínos. Além disso, de acordo com Castellini (2015), a produção de metano pode ser reduzida quando inclui 27% de farelo de acerola nas dietas de suínos em terminação.

A grande disponibilidade da cana-de-açúcar no estado de São Paulo, faz com que o bagaço, subproduto resultante do processamento da cana, possa ser uma alternativa de inclusão em dietas de suínos pesados. Porém, é importante entender os efeitos da fibra dietética constituinte deste ingrediente e o seu aproveitamento pelos animais, para obtenção de ótimo rendimento em carne na produção de suínos (OWUSU-ASIEDU et al., 2006).

Nesse sentido, objetivou-se com o presente estudo, avaliar os efeitos da utilização da fibra da cana-de-açúcar como ingrediente alternativo de dietas para suínos com elevado peso de abate, por meio de três experimentos. O primeiro para determinar a composição química e os valores nutricionais do ingrediente, o segundo para verificar o efeito da inclusão da fibra de cana-de-açúcar em diferentes níveis (0, 5, 10, 15 e 20%) sobre a digestibilidade das dietas, o tempo de trânsito gastrointestinal, o desempenho, os pesos dos órgãos do sistema digestório, as características da carcaça e a qualidade da carne. E o terceiro experimento, para avaliar o potencial de impacto ambiental das fezes e a produção de biogás.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Importância da restrição energética para suínos abatidos pesados

O abate de suínos pesados, com cerca de 130 kg de peso vivo, tem sido praticado por muitas indústrias, por apresentar vantagens como maior oferta de carne com o mesmo número de animais produzidos. Além disso, possibilita o desenvolvimento de cortes mais elaborados e produtos processados (BACH KNUDSEN, 2009). Para a indústria, a melhora na qualidade de carcaça dos animais está ligada ao maior valor agregado aos produtos, aumentando assim, a lucratividade do setor como um todo (CANTARELLI et al., 2008).

No entanto, quando não adotado um manejo alimentar adequado na granja para o acabamento desses animais, esta prática torna-se inviável. Isso porque, a qualidade da carcaça dos suínos é influenciada pelo peso e pela idade desses animais. A deposição proteica diária do suíno aumenta depois dos 18kg de peso vivo,

alcança um limite superior (plateau), que ocorre em torno dos 60 a 70kg, e depois diminui (Figura 1). Em contrapartida, o consumo de alimento aumenta nesta fase, e toda energia consumida que exceder ao potencial de ganho máximo em carne é utilizada para deposição de gordura (FÁVERO; BELLAVER, 2001).

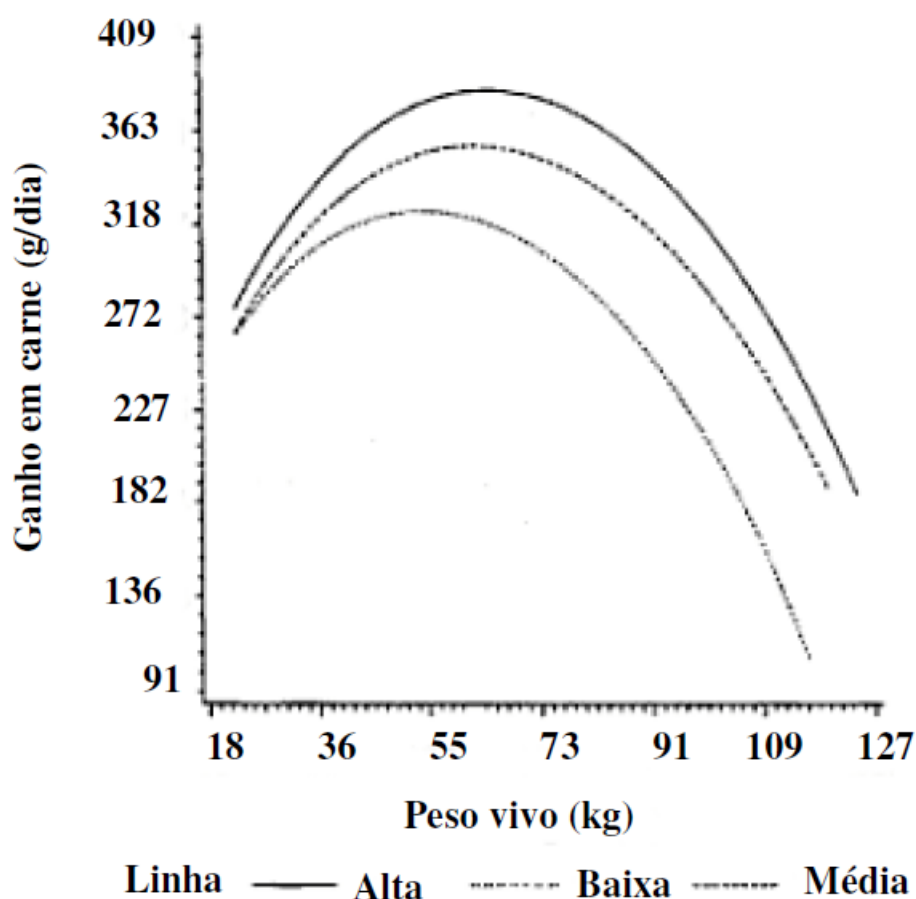


Figura 1. Curvas de crescimento em carne de genótipos com alto, médio e baixo potencial de deposição de carne (FÁVERO; BELLAVER, 2001).

Assim, a prática da restrição do consumo de energia pelos animais nessa fase, é importante para melhoria das carcaças. A redução do consumo energético pode ser feita por meio da restrição quantitativa de alimento, controlando-se, portanto, a quantidade de ração fornecida ou pela restrição qualitativa, em que a diluição energética pode ocorrer por meio da inclusão de um ingrediente fibroso na ração.

A implantação da restrição alimentar quantitativa necessita de estruturas apropriadas nas baias, por requerer um manejo controlado de ração para cada animal, com consequente adequação de espaço no comedouro, o que pode inviabilizar sua implantação. Além disso, a privação do alimento para suínos pode repercutir em distúrbios comportamentais, prejudicando seu bem-estar (RAMONET et al., 1999). Por outro lado, a restrição alimentar qualitativa tem mostrado ser eficiente na redução de gordura nas carcaças, além de trazer benefícios para o bem-estar dos animais.

Moreira et al. (2007) avaliaram três níveis de restrição energética (3.200, 2.960 e 2.720 kcal/kg de energia metabolizável) por meio da inclusão de casca de arroz e verificaram que a restrição energética não prejudicou o desempenho dos animais e as características de carcaça. Por outro lado, a restrição energética (3.407, 3.240, 3.060, 2.890 e 2.720 kcal/kg de energia digestível) por meio de inclusão de até 20% de casca de arroz, reduziu o ganho diário de peso dos animais, mas mostrou-se eficiente no aumento de produção de carne magra (FRAGA et al., 2008). A inclusão da casca de soja (0, 8, 16 e 24%), como diluidor energético nas dietas de suínos em terminação promove também aumento na porcentagem de carne magra e reduz a espessura de toucinho nas carcaças (CASTELINI, 2011).

2.2. Fibra dietética na nutrição de suínos

A definição fisiológica de fibra dietética refere-se aos componentes dietéticos resistentes à digestão por enzimas secretadas por aves, mamíferos monogástricos e peixes (BACH KNUDSEN et al., 1997). Quimicamente, a fibra dietética pode ser entendida como a soma dos polissacarídeos não amiláceos (PNA) e da lignina, presentes nos ingredientes (BACH KNUDSEN, 2001).

Enquanto o amido é formado apenas por moléculas de glicose, a fibra dietética pode ser constituída por nove principais carboidratos, sendo os principais, a celulose, hemicelulose, pectinas, arabinoxilanas, β -glucanas, xiloglucanas, ramnogalacturanas e arabinogalactanas (ENGLYST, 1989). Nas análises para determinação da fibra dietética é comum caracterizá-la de acordo com sua solubilidade, a qual varia principalmente devido à presença dos PNA, sendo, então, classificadas como solúveis e insolúveis.

Os PNA solúveis, as quais incluem hemicelulose e pectinas, são caracterizados por serem altamente fermentável e terem a capacidade de aumentar a viscosidade do quimo e o tempo de retenção da digesta no trato gastrintestinal (MONTAGNE; PLUSKE; HAMPSON, 2003). Essa fração é degradada no intestino grosso, mais precisamente no ceco, e por esse motivo podem atuar sobre o metabolismo energético dos suínos. A maior fermentabilidade da fração solúvel da fibra pode ser atribuída à maior capacidade de retenção de água, permitindo que as bactérias colonizem e iniciem a degradação (PASCOAL; WATANABE, 2014). Assim, energia proveniente da degradação da fibra, pode ser aproveitada pelo animal, fornecendo de 5 a 28% da energia de manutenção exigida pelos suínos (GRIESHOP et al., 2001).

Os PNA insolúveis, os quais incluem a celulose, em função de suas características físico-químicas, afetam diretamente na velocidade de trânsito intestinal, reduzindo o tempo de permanência do alimento no trato digestório, assim reduz a absorção de nutrientes, com consequente diminuição no aproveitamento dos nutrientes dietéticos (MONTAGNE; PLUSKE; HAMPSON, 2003). A fibra insolúvel não interfere significativamente na viscosidade intestinal e atua na regulação do consumo e quando em pequenas quantidades melhora a digestibilidade de alguns nutrientes (HETLAND; CHOCT; SVIHUS, 2004).

A possibilidade de inclusão de ingredientes fibrosos na fase de terminação é maior, já que a exigência nutricional é menor quando comparada às outras fases. Os efeitos da fibra na nutrição dos animais nessa fase, está relacionada com a melhora nas características de carcaça e ao de bem-estar animal (PASCOAL; WATANABE, 2014).

2.2.1. Fibra dietética sobre o desempenho de suínos em terminação

Estudos têm sido realizados com intuito de verificar os efeitos da fibra dietética sobre o desempenho dos suínos na fase de terminação. Algumas fontes de fibra dietética solúvel foram avaliadas, como a inclusão de polpa cítrica (0, 10, 20 e 30%) em dietas para suínos em terminação, onde não observaram redução no consumo diário de ração, mas verificaram aumento no ganho diário de peso dos animais quando incluiu 10% de polpa cítrica (WATANABE et al., 2010b). A inclusão de duas fontes de

DDGS (subproduto do milho, resultante do processamento de etanol) e três níveis (0, 20 e 40%) em dietas para suínos em crescimento e terminação, reduziu o consumo diário de ração dos animais, mas não influenciou sobre o ganho diário de peso e a conversão alimentar (GRAHAM et al., 2014).

Em contrapartida, a inclusão de fontes fibrosas com alto teor de fibra dietética insolúvel, como a casca de arroz (0, 5, 10, 15 e 20%) reduziu o consumo diário de energia e o ganho de peso diário de suínos em terminação (FRAGA et al., 2008a). Da mesma forma, o farelo de acerola com inclusões de 0, 9, 18 e 27% em dietas de suínos em terminação, reduziram os ganhos diários de peso e piorou a conversão alimentar dos animais. (CASTELINI, 2015).

Os resultados obtidos nesses estudos demonstram que os modos de atuação de cada tipo de fibra dietética refletem no desempenho dos animais. Enquanto a fermentação da fibra solúvel pode contribuir para o fornecimento de energia de manutenção aos animais (GRIESHOP et al., 2001), não afetando o desempenho, a fibra insolúvel em virtude da baixa capacidade dos animais em degradar esses componentes fibrosos ricos em celulose podendo ser altamente lignificados (SCHRAMA; BAKKER, 1999) e o aumento da velocidade do trânsito gastrointestinal do alimento, prejudica o desempenho dos suínos em terminação.

2.2.2. Fibra dietética sobre as características de carcaça e qualidade de carne de suínos em terminação

A inclusão de ingredientes fibrosos nas dietas de suínos em terminação tem como objetivo controlar a ingestão calórica pelos animais, de modo a garantir a qualidade de suas carcaças (LUDKE; BERTOL; SCHEUERMANN, 1998).

Estudos têm sido realizados com intuito de verificar os benefícios da fibra dietética sobre as características de carcaça e a qualidade da carne dos suínos. Nesse sentido, ingredientes com maiores teores de fibra insolúvel foram avaliados, apresentando resultados satisfatórios. Fraga et al. (2008a) observaram aumentos na porcentagem e na quantidade de carne magra, além de redução na espessura de toucinho, quando estudaram a inclusão de 0, 5, 10, 15 e 20% de casca de arroz para suínos em terminação. De acordo com Castelini (2015) a inclusão em até 27% de farelo de acerola em dietas para suínos em terminação, diminui a espessura de

toucinho, aumenta a porcentagem de carne magra nas carcaças e os teores dos ácidos graxos, como α linolênico e linoleico conjugado na carne, que são benéficos à saúde (CASTELINI, 2015). A utilização de até 30% de celulose, nas dietas de suínos em terminação, também reduz a espessura de toucinho e a área de gordura, além de aumentar a relação carne/gordura (RODRIGUES, 2015).

Por outro lado, a inclusão de ingredientes com altos teores de fibra solúvel, não apresentaram o mesmo efeito. A utilização da polpa cítrica em até 30% não foi eficiente para aumentar a porcentagem de carne magra na carcaça, e ainda reduziu o rendimento de carcaça (WATANABE et al., 2010). Resultados semelhantes, foram obtidos com a inclusão de DDGS em até 40% para suínos em terminação, onde não houve efeito sobre espessura de toucinho e a profundidade de lombo, mas reduziu o rendimento de carcaça (GRAHAM et al., 2014).

Esses resultados demonstram que a energia proveniente das fibras solúveis é melhor aproveitada pelos animais em terminação, quando comparada com as fibras insolúveis. Isso porque, as fibras solúveis, como as pectinas, são de mais fácil degradação, além disso, essa fração aumenta o tempo de retenção da digesta no trato gastrointestinal dos suínos, que contribuem para melhor aproveitamento nutricional (LE GOFF; VAN MILGEN; NOBLET, 2002). Como o objetivo da restrição alimentar qualitativa é a redução da ingestão energética, mantendo os animais saciados, compostos fibrosos que não são facilmente degradáveis, como as fibras insolúveis são desejáveis.

2.3. Cana-de-açúcar na alimentação de suínos

A cana-de-açúcar foi introduzida no Brasil no período colonial, e se transformou em uma das principais culturas da economia brasileira. O Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar no mundo. Somente nos dois últimos anos a produção dessa cultura foi de 632 milhões de toneladas, sendo o Estado de São Paulo o responsável por mais de 50% dessa produção (UNICA, 2015). Estima-se que, a cada tonelada de cana moída, obtém-se 280 kg de bagaço (SILVA, 2007), que pode ser aproveitado como combustível das caldeiras em usinas e também ser empregado na alimentação animal.

O bagaço é obtido após o processo de moagem da cana-de-açúcar para extração do caldo que é destinado a fábrica de açúcar e destilaria. Após a extração do caldo, o bagaço é constituído de 46% de fibra e 50% de água (UNICA, 2015). O bagaço, quando destinado à alimentação animal, passa por mais um processo de secagem e moagem, onde se obtém um subproduto com alto teor de fibra. A sua composição é constituída de 94,70% de matéria seca com 1,83% de proteína bruta; 78,74% de fibra em detergente neutro; 49,20% de fibra em detergente ácido; 38,94% de celulose, 29,53% de hemicelulose e 12,80% de lignina (VALADARES FILHO et al., 2012).

A fibra da cana-de-açúcar é um subproduto obtido com o processamento de secagem e moagem do bagaço da cana, e atualmente é comercializado na alimentação de cães e gatos, porém estudos deste ingrediente para suínos ainda são escassos. No entanto, a cana-de-açúcar integral para suínos em crescimento, demonstrou que os animais alimentados com dietas contendo este ingrediente apresentaram maior consumo diário de ração e piora na conversão alimentar, enquanto que o ganho diário de peso reduziu em 90 g/dia, quando incluíram 30% de cana-de-açúcar nas dietas (CORDEIRO et al., 2009).

Em outro estudo avaliando a cana-de-açúcar integral moída na alimentação de suínos em crescimento, Xandé et al. (2009) observaram que o ganho diário de peso dos animais alimentados com este ingrediente foi reduzido em 400 g/dia, quando compararam com a dieta basal (milho-farelo de soja). Mas, os autores observaram redução na espessura de toucinho de animais alimentados com cana-de-açúcar integral moída.

3. AGRADECIMENTOS

À FAPESP pelo financiamento da pesquisa, PROCESSO 2012/18488-7 e pela concessão da bolsa de Doutorado, PROCESSO 2012/13164-9.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCS – Associação Brasileira de Criadores de Suínos. **Um olhar sobre a carne suína**. Brasília-DF, 2009. 31p.

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

BACH KNUDSEN, K. E.; JOHANSEN, H. N.; GLITSO, V. Methods for analysis of dietary fibre- advantage and limitations. **Journal Animal Feed Science**, v. 6, p. 185-206, 1997.

CANTARELLI, V.S.; ZANGERONIMO, M. G.; ALMEIDA, E. C.; WOLP, R. C.; PEREIRA, L. M.; FIALHO, E. T. Qualidade de cortes de suínos recebendo ractopamina na ração em diferentes programas alimentares. **Acta Scientiarum: Animal Science**, v. 30, n. 2, p.165-171, 2008.

CASTELINI, F. R. **Casca de soja em programa de restrição alimentar para suínos pesados**. 2010, 92p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2011.

CASTELINI, F. R. **Farelo de acerola em programa de restrição alimentar para suínos pesados**. 2015. xii, 112 p. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2015.

CORDEIRO, M. D.; SOARES, R. T. R. N.; FERREIRA, R. A.; FONSECA, J. B.; DETMANN, E.; MERCADANTE, M. A. Cana-de-açúcar integral na alimentação de suínos em crescimento (30-60 kg). **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal** [online], v. 10, n. 3, p.731-739, 2009.

ENGLYST, H. Classification and measurement of plant polysaccharides. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 23, 1-3, p.27-42, 1989.

FACCO, E. T. S. Valorização da carcaça suína e suas implicações na cadeia produtiva de suínos. **Porkworld**, Campinas, v.2, n.11, p. 23, 2003.

FÁVERO, J. A.; BELLAVER, C. Produção de carne de suínos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE CARNES, 2001, São Pedro, SP. **Anais...** São Pedro/SP: ITAL, Instituto de Tecnologia de Alimentos, p.2-25, 2001.

FRAGA, A. L.; THOMAZ, M. C.; KRONKA, R. N.; BUDIÑO, F. E. L.; HUAYNATE, R. A. R.; SCANDOLERA, A. J.; RUIZ, U. S.; NADAI, A. Qualitative feed restriction for heavy swines: effect on digestibility and weight of organs of digestive tract, and environmental impact of feces. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 61, n. 6, p. 1353-1363, 2009.

FRAGA, A. L.; THOMAZ, M. C.; KRONKA, R. N.; BUDIÑO, F. E. L.; HUAYNATE, R. A. R.; MALHEIROS, E. B. Restrição alimentar qualitativa para suínos com elevado peso de abate. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 5, p. 869-875, 2008a.

FRAGA, A. L.; THOMAZ, M. C.; MARTINS, M. I. E. G.; KRONKA, R. N.; RUIZ, U. S.; SCANDOLERA, A. J. Avaliação econômica do uso da restrição alimentar qualitativa para suínos com elevado peso de abate. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 6, p. 1050-1054, 2008b.

GOMES, J. D. F.; PUTRINO, S. M.; GROSSKLAUS, C.; UTIYAMA, C. E.; OETTING, L. L.; SOUZA, L. W. O.; FUKUSHIMA, R. S.; FAGUNDES, A. C. A.; SOBRAL, P. J. A.; LIMA, C. G. Efeitos do incremento de fibra dietética sobre a digestibilidade, desempenho e características de carcaça: I. Suínos em crescimento e terminação. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 28, n. 3, p. 483-492, 2007.

GRAHAM, A. B.; GOODBAND, R. D.; TOKACH, M. D.; DRITZ, S. S.; DEROUCHÉY, J. M.; NITIKANCHANA, S.; UPDIKE, J. J. The effects of low-, medium-, and high-oil distillers dried grains with solubles on growth performance, nutrient digestibility, and fat quality in finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 92, p.3610-3623, 2014.

GRIESHOP, C. M.; REESE, D. E.; FAHEY JUNIOR, G.C. Nonstarch polysaccharides and oligosaccharides in swine nutrition. In: LEWIS, A. J.; SOUTHERN, L. L. **Swine nutrition**. 2001. p.107-120.

HETLAND, H.; CHOCT, M.; SVIHUS, B. Role of insoluble no-starch polysaccharides in poultry nutrition. **World's Poultry Science Journal**, v. 60, p. 415-422, 2004.

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

LUDKE, J. V.; BERTOL, T. M.; SCHEUERMANN, G. N. Manejo da alimentação. In: SOBESTIANSKY, J. et al. **Suinocultura intensiva**. Concórdia: Embrapa-CNPAS, 1998. p. 65-90.

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**, v. 108, p. 95-117, 2003.

MOREIRA, I.; VOORSLUYS, T.; MARTINS, R. M.; PAIANO, D.; FURLAN, A. C.; SILVA, M. A. A. Efeitos da restrição energética para suínos na fase final de terminação sobre o desempenho, características de carcaça e poluição ambiental. **Acta Animal Science**, v. 29, n. 2, p. 179-185, 2007.

OWUSU-ASIEDU, A.; PATIENCE, J. F.; LAARYELD, 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**, v. 84, p. 843-852, 2006.

PASCOAL, L. A. F.; WATANABE, P. H. Fibra Dietética na Nutrição de Suínos. In: SAKOMURA, N. K., et al. **Nutrição de não ruminantes**. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2014. cap. 4, p.357-374.

RAMONET, Y.; MEUNIER-SALAÜN, M. C.; DOUMAND, J. Y. High-fiber diets in pregnant sows: digestive utilization and effects on the behavior of the animals. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 77, n. 3, p. 591-599, 1999.

RODRIGUES, D. J. **Níveis e tipos de fibra dietética para suínos pesados em restrição alimentar qualitativa**. 2015. xi, 101 p. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2015.

SCHRAMA, J. W.; BAKKER, G. C. M. Changes in energy metabolism in relation to physical activity due to fermentable carbohydrates in group-housed growing pigs. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 77, n. 12, p. 3274-3280, 1999.

SILVA, V. L. M..M.; GOMES, W. C.; ALSINA, O. L. S. **Utilização do bagaço de cana de açúcar como biomassa adsorvente na adsorção de poluentes orgânicos**. Campina Grande – PB., 2007, 6p. Departamento de Química - Universidade Estadual da Paraíba, 2007.

UNICA. **União da Indústria de Cana-de-Açúcar**. Safra 2014/2015. Disponível em: <<http://www.unica.com.br>> Acesso em: 15/12/2015.

VALADARES FILHO, S. C., MACHADO, P. A. S., CHIZZOTTI, M. L. CQBAL 3.0. **Tabelas Brasileiras de Composição de Alimentos para Bovinos**. Disponível em <www.ufv.br/cqbal> Acesso em:17/06/2012.

WATANABE, P. H.; THOMAZ, M. C.; RUIZ, U. S.; SANTOS, V. M.; MASSON, G.C. I.; FRAGA, A. L.; PASCOAL, L. A. F.; ROBLES-HUAYNATE, R. A.; SILVA, S. Z. Carcass characteristics and meat quality of heavy swine fed different citrus pulp levels. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 62, n. 4, p.921-929, 2010a.

WATANABE, P. H.; THOMAZ, M. C.; RUIZ, U. S.; SANTOS V. M.; FRAGA, A. L.; PASCOAL, L. A. F.; SILVA, S. Z.; FARIA, H. G. Effect of inclusion of citrus pulp in the diet of finishing swines. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 53, n. 3, p.709-718, 2010b.

XANDÉ, X.; DESPOIS E.; GIORGI, M.; GOURDINE, J. L.; ARCHIMÉDE H.; RENAUDEAU, D. Influence of sugar cane diets and high fibre commercial diet on growth and carcass performance in local caribbean pigs. **Asian-Australian Journal Animal Science**. v. 22, n. 01, p.90-98, 2009.

CAPÍTULO 2 – Valor nutritivo de fibra da cana-de-açúcar e a sua inclusão em dietas de suínos abatidos pesados sobre a digestibilidade das dietas, o tempo de trânsito gastrointestinal e o desempenho

RESUMO- O objetivo do estudo foi determinar o valor nutricional e energético da fibra da cana-de-açúcar e avaliar a inclusão de níveis crescentes deste ingrediente na alimentação de suínos abatidos pesados (130kg), sobre a digestibilidade dos nutrientes da dieta, o tempo de trânsito gastrointestinal, o peso final e o desempenho dos animais. No primeiro experimento utilizou-se 20 suínos, com peso inicial de $77,55 \pm 1,74$ kg distribuídos em um delineamento em blocos ao acaso, com dois tratamentos (dieta basal e dieta teste com inclusão de 30% de fibra da cana-de-açúcar) e 10 repetições. Para o segundo experimento foram utilizados 50 suínos, com peso inicial de $79,33 \pm 6,22$ kg e final de $123,37 \pm 11,18$ kg, alocados em um delineamento em blocos casualizados, com cinco dietas experimentais (0, 5, 10, 15 e 20% de fibra da cana-de-açúcar) e dez repetições. Os elevados teores de fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido e fibra dietética insolúvel na composição da fibra da cana-de-açúcar, reduziram os nutrientes e a energia digestíveis do ingrediente, e consequentemente reduziu ($P < 0,05$) o coeficiente de digestibilidade da maioria dos nutrientes das dietas experimentais. Além disso, diminuiu ($P < 0,05$) o tempo de trânsito gastrointestinal e deste modo, o ganho diário de peso, o consumo diário de ração, o consumo diário de energia digestível e o peso final dos animais foram reduzidos linearmente ($P < 0,05$), conforme os níveis de fibra da cana-de-açúcar aumentaram nas dietas. Com base nos resultados, conclui-se que a fibra da cana-de-açúcar atua como diluente energético nas dietas para suínos a serem abatidos pesados. Contudo, ressalta-se que altos níveis de inclusão (20%) deste ingrediente, pioram significativamente a digestibilidade dos nutrientes e o desempenho dos animais aumentando em 37 dias o tempo necessário para que os animais atinjam o peso desejado (130kg) para o abate.

Palavras-chave: fibra insolúvel, nutrição, restrição energética

CHAPTER 2 – Nutritional value of sugarcane fiber and their inclusion for swine slaughter heavy on digestibility of diets, gastrointestinal transit time and performance

ABSTRACT- The aim of this study was to evaluate the nutritional and energy value of sugarcane fiber and their effects in the feeding of swine slaughter heavy, related with the diets digestibility, gastrointestinal transit time and growth performance. In the first experiment, twenty pigs were assigned by initial body weight of 77.55 ± 1.74 kg allocated in a randomized block design with two treatments (basal diet and the test diet with addition of 30% sugarcane fiber) and ten replications. For the second experiment, fifty pigs were assigned by initial body weight of 79.33 ± 6.22 kg allocated in a randomized block design with five experimental diets (0, 5, 10, 15 and 20% of sugarcane fiber) and ten replications. High NDF and IDF of sugarcane fiber, decreased digestible nutrients and energy of diets, and consequently affected negatively ($P < 0.05$) the digestibility coefficient of nutrients of the diets. In addition, decreased ($P < 0.05$) the gastrointestinal transit time, thus the daily weight gain, daily feed intake, daily intake of digestible energy and the final body weight of the animals were decreased linearly ($P < 0.05$), as the amount of fiber levels of sugarcane in the diets. Based on the results, it is concluded that the sugarcane fiber operate as energy diluent in the feeding of swine slaughter heavy. However, it is emphasized that high levels of inclusion (20%) of this ingredient significantly worse digestibility and growth performance increasing by 37 days the time required for the animals to reach the desired weight (130 kg) for slaughter.

Keywords: energy restriction, insoluble fiber, nutrition

1. INTRODUÇÃO

O rápido crescimento da população mundial e o aumento do uso de grãos de cereais para a produção de biocombustíveis, tornou-se difícil, economicamente, alimentar suínos sem reduzir a quantidade de grãos nas dietas. Assim, a utilização de subprodutos da indústria torna as dietas menos dispendiosas e têm sido cada vez mais incluídos nas dietas para suínos.

A inclusão de ingredientes fibrosos é normalmente restrita em dietas para suínos, devido às propriedades antinutricionais que podem reduzir o consumo de ração e a digestibilidade de nutrientes (BACH KNUDSEN, 1997; NRC, 2012). Por outro lado, quando incluídos como diluentes energéticos em dietas de suínos abatidos pesados, atuam benéficamente sobre a qualidade das carcaças reduzindo o teor de gordura e aumentando a quantidade de carne.

A utilização de ingredientes fibrosos é mais efetiva quando, a sua composição é rica em fibra dietética insolúvel. A inclusão de casca de arroz, farelo de acerola e celulose purificada, como fontes de fibra insolúvel, em dietas de suínos abatidos pesados, mostraram eficientes na redução da espessura de toucinho e no aumento da porcentagem de carne magra nas carcaças de suínos (FRAGA et al., 2008; CASTELINI, 2015; RODRIGUES, 2015). Nesse sentido, a fibra dietética insolúvel pode ser uma aliada na produção de suínos pesados, abatidos com cerca de 130 kg de peso, podendo promover incremento de carne magra nas carcaças e diminuição de gordura, possibilitando o desenvolvimento de cortes mais elaborados, dessa forma reduzindo o custo de produção.

A fibra da cana-de-açúcar é um subproduto obtido através da extração da cana-de-açúcar, possui em sua composição altos teores de celulose, sendo caracterizada como fonte de fibra dietética insolúvel. Diante da grande disponibilidade deste ingrediente na região sudeste, a sua utilização na alimentação de suínos em terminação pode ser viável, desde que se conheça os efeitos e seu aproveitamento pelos animais.

Sendo assim, este estudo teve como objetivo avaliar o valor nutricional de fibra da cana-de-açúcar e os efeitos da sua inclusão em dietas de suínos abatidos pesados,

sobre a digestibilidade dos nutrientes, o tempo de trânsito gastrointestinal e o desempenho dos animais.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os procedimentos experimentais, utilizados em ambos os experimentos, foram analisados e aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA), da Universidade Estadual Paulista/ Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, sob o Protocolo nº 014859/12. Os animais foram criados de acordo com os princípios éticos na experimentação animal do Colégio Brasileiro de Experimentação (COBEA).

Os dois experimentos foram conduzidos nas instalações experimentais do Laboratório de Pesquisas em Suinocultura do Departamento de Zootecnia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias-UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

Em ambos experimentos utilizou-se suínos machos castrados de mesma linhagem comercial, os quais foram alojados em baias individuais com 2,55 m² cada, equipadas com comedouros semi-automáticos e bebedouros do tipo chupeta.

A fonte de fibra da cana-de-açúcar utilizada foi a Fibercane (Dilumix Industrial LTDA), obtida através de secagem e moagem do bagaço da cana-de-açúcar.

2.1. Experimento 1: Composição e digestibilidade da fibra da cana-de-açúcar

2.1.1. Dietas e animais e procedimentos experimentais

Vinte suínos machos castrados com 120 dias de idade e peso inicial de 77,55 ± 1,74 kg, foram alocados, por peso, num delineamento experimental em blocos ao acaso, sendo um animal por baia e dez animais por dieta experimental. As dietas experimentais foram as seguintes: Dieta basal (DB)- composta por milho e farelo de soja; Dieta Teste (DT)- composta por 70% da dieta basal e 30% da fibra da cana-de-açúcar (Tabela 1).

O ensaio durou 14 dias, sendo os oito primeiros para adaptação dos animais às baias e as dietas, recebendo duas refeições diárias, às 8h e às 17h, e água *ad libitum*. Os três dias seguintes foram destinados à regulação do fluxo do indicador e os três dias finais para a colheita das fezes, pelo método da coleta parcial.

Determinou-se, inicialmente, o consumo médio de ração dos animais, em duas refeições diárias, de modo que, no período da colheita, os animais consumissem toda ração fornecida. Após o período de adaptação e determinação do consumo, iniciou-se o fornecimento de ração controlada, com adição de 1% de Celite 545®, como indicador externo na ração, de modo a estabilizar o fluxo do mesmo no trato digestório.

Tabela 1. Composições centesimal, química e energética da dieta basal - DB. Exp. 1

Ingredientes, %	DB
Milho	75,00
Farelo de Soja, 45%	20,50
Fibra de cana-de-açúcar	-
Óleo soja	0,78
Sal comum	0,35
Fosfato bicálcico	0,86
Calcário calcítico	0,61
Pré-mistura vit-min. ¹	0,10
L-Lisina, HCl 78%	0,22
L-Treonina, 98%	0,04
DL-Metionina, 99%	0,04
Celite 545®	1,00
Total	100,00
Valores calculados e analisados	
Energia digestível, kcal/kg ³	3472
Proteína bruta, % ³	15,53
Fibra em detergente neutro, % ³	15,81
Fibra em detergente ácido, % ³	3,79
Cálcio, % ²	0,51
Cloro, % ²	0,27
Sódio, % ²	0,16
Fósforo disponível, % ²	0,25
Lisina digestível, % ²	0,83
Metionina digestível, % ²	0,25
Treonina digestível, % ²	0,55
Triptofano digestível % ²	0,15

¹Pré-mistura vitamínico-mineral – quantidade por kg de ração: 50mg de Ácido Fólico, 15mg de Selênio, 1.000mg de Cobre, 1.500mg de Pantotenato de Cálcio, 10mg de Biotina, 2.300mg de Manganês, 40mg de Iodo, 2.000mg de Niacina, 600.000U.I. de Vitamina A, 126mg de Vitamina B1, 1.500µg de Vitamina B12, 334mg de Vitamina B2, 126mg de Vitamina B6, 150.000U.I. de Vitamina D3, 1.300U.I. de Vitamina E, 200mg de Vitamina K, 8.000mg de Zinco, 11.000mg de Ferro, 10mg de Antioxidante (B.H.T.); ²Valores nutricionais dos ingredientes propostos por ROSTAGNO et al. (2011); ³Valores analisados.

2.1.2. Preparo das amostras e análises químicas

Após o período de colheita, as fezes foram descongeladas e homogeneizadas, para obtenção de uma amostra composta de cada animal. Em seguida, as fezes foram submetidas a pré-secagem em estufa com ventilação forçada a 55 °C por um período de 72 horas sendo, posteriormente moídas em moinho estacionário tipo Thomas-Wiley, modelo 4, dotado de peneira com crivos de 1mm.

As análises das dietas e fezes foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da FCAV-Unesp, Câmpus de Jaboticabal, de acordo com a Association of Official Analytical Chemists (AOAC), sendo determinadas a matéria seca (MS; processo 4.1.06, AOAC, 2000) e matéria mineral (MM; procedimento 4.1.10, AOAC, 2000). A matéria orgânica (MO) foi obtida pela diferença entre MS e a MM. O teor de proteína bruta (PB) foi estimado (teor de N x 6,25) por meio de um analisador de combustão (Modelo CNC-2000; Leco Corporation, St. Joseph, MI).

A energia bruta (EB) foi determinada por meio de um calorímetro de bomba adiabática (Parr 6300 Calorimeter, Moline, IL), utilizando-se ácido benzoico como padrão de calibração.

Os teores de fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido (FDN e FDA; processo 4.6.03; AOAC, 2000), foram determinados utilizando-se sacos de fibra e equipamento analisador de fibras (Fiber Analyzer, Ankom Tecnologia, Macedônia, Nova Iorque). As determinações do indicador externo (Celite 545®) nas dietas e nas fezes foram efetuadas por meio de digestão das amostras em ácido clorídrico 4N, sob aquecimento, durante 45 minutos, filtragem do resíduo em papel de filtro quantitativo e, finalmente, incineração dos filtros e resíduos retidos, em forno tipo mufla a 500 °C por quatro horas, conforme método adaptado de Van Keulen e Young (1977).

A partir das análises químicas, calcularam-se os coeficientes de digestibilidade/disponibilidade aparente da MS (CDMS), MO (CDMO), MM (CDMM), PB (CDPB), FDA (CDFDA), FDN (CDFDN) e EB (CDEB), bem como os teores dos nutrientes e energia digestíveis da fibra da cana-de-açúcar, utilizando-se as equações descritas por Sakomura e Rostagno (2007):

$$FI = \text{Celite dieta} / \text{Celite fezes}$$

Em que: FI = Fator de indigestibilidade

$$CD (\%) = 100 - (\% \text{Celite dieta} / \% \text{Celite fezes}) \times (\% \text{nutriente fezes} / \% \text{nutriente dieta})$$

Para o cálculo dos coeficientes de digestibilidade dos nutrientes da fibra da cana-de-açúcar. Utilizou-se a equação descrita por Reigh, Braden e Craig (1990):

$$CD (\text{ingrediente teste}) \% = (100 / 30) \times [CD \text{ dieta teste} - (70 / 100 \times CD \text{ dieta basal})]$$

Em que: CD = Coeficiente de digestibilidade

2.2. Experimento 2: Desempenho, digestibilidade e taxa de passagem das dietas experimentais

2.2.1. Dietas, animais e procedimentos experimentais

Cinquenta suínos machos castrados de linhagem comercial, com 122 dias de idade e peso inicial de $79,33 \pm 6,22$ kg foram distribuídos nas dietas experimentais segundo o delineamento em blocos ao acaso, formados de acordo com o peso inicial, com cinco dietas experimentais (tratamentos) contendo níveis crescentes de fibra da cana-de-açúcar, e dez repetições, com um animal constituindo a unidade experimental.

As dietas experimentais elaboradas, foram:

- DC - Dieta controle, composta principalmente por milho e farelo de soja;
- D5FC - Dieta contendo 5% de fibra da cana-de-açúcar;
- D10FC - Dieta contendo 10% de fibra da cana-de-açúcar;
- D15FC - Dieta contendo 15% de fibra da cana-de-açúcar;
- D20FC - Dieta contendo 20% de fibra da cana-de-açúcar;

As dietas foram formuladas para atender as exigências indicadas por Rostagno et al. (2011), para suínos de alto potencial genético, em duas fases, sendo: Fase 1: dos 122 ($79,33 \pm 6,22$ kg de peso vivo) aos 142 dias de idade ($97,44 \pm 6,93$ kg de peso vivo) e fase 2: dos 143 ($97,44 \pm 6,93$ kg de peso vivo) aos 175 dias de idade ($123,37 \pm 11,18$ kg de peso vivo) (Tabelas 2 e 3). As dietas experimentais foram nutricionalmente semelhantes, com ressalva, de que para cada nível de fibra da cana-de-açúcar empregado, a energia digestível da dieta foi reduzida.

Tabela 2. Composições centesimal, química e energética das dietas fornecidas aos suínos na fase 1, contendo níveis crescentes de fibra da cana-de-açúcar

Ingredientes, %	Dietas Experimentais ¹				
	DC	D5FC	D10FC	D15FC	D20FC
Milho	77,04	71,23	65,30	59,50	53,77
Farelo de Soja, 45%	20,38	21,11	21,86	22,60	23,30
Fibra de cana-de-açúcar	-	5,00	10,00	15,00	20,00
Sal comum	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Fosfato bicálcico	0,86	0,90	0,88	0,89	0,90
Calcário calcítico	0,61	0,58	0,60	0,59	0,58
Pré-mistura vit-min. ²	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
L-Lisina, HCl 78%	0,22	0,21	0,20	0,19	0,18
L-Treonina, 98%	0,04	0,04	0,05	0,05	0,06
DL-Metionina, 99%	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05
Inerte	0,36	0,44	0,62	0,68	0,71
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Valores calculados e analisados					
Energia digestível, kcal/kg ⁴	3399	3021	3001	2800	2703
Proteína bruta, % ⁴	15,53	15,53	15,53	15,53	15,53
Fibra detergente neutro, % ⁴	19,93	20,47	24,11	31,87	41,49
Fibra detergente ácido, % ⁴	3,56	5,81	8,40	11,14	17,11
Fibra dietética solúvel, % ⁴	1,56	1,09	1,64	1,64	2,39
Fibra dietética insolúvel, % ⁴	9,12	10,37	15,31	18,69	23,13
Cálcio, % ³	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51
Cloro, % ³	0,27	0,26	0,26	0,26	0,25
Sódio, % ³	0,16	0,16	0,16	0,16	0,15
Fósforo disponível, % ³	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Lisina digestível, % ³	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83
Metionina digestível, % ³	0,25	0,26	0,25	0,25	0,25
Treonina digestível, % ³	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55
Triptofano digestível, % ³	0,15	0,15	0,15	0,16	0,16

¹DC dieta controle; D5FC; D10FC; D15FC; D20FC: 5, 10, 15 e 20% de fibra da cana-de-açúcar; ²Pré-mistura vitamínico-mineral – quantidade por kg de ração: 50mg de Ácido Fólico, 15mg de Selênio, 1.000mg de Cobre, 1.500mg de Pantotenato de Cálcio, 10mg de Biotina, 2.300mg de Manganês, 40mg de Iodo, 2.000mg de Niacina, 600.000U.I. de Vitamina A, 126mg de Vitamina B1, 1.500µg de Vitamina B12, 334mg de Vitamina B2, 126mg de Vitamina B6, 150.000U.I. de Vitamina D3, 1.300U.I. de Vitamina E, 200mg de Vitamina K, 8.000mg de Zinco, 11.000mg de Ferro, 10mg de Antioxidante (B.H.T.); ³Valores nutricionais dos ingredientes propostos por ROSTAGNO et al. (2011); ⁴Valores analisados.

Tabela 3. Composições centesimal, química e energética das dietas fornecidas aos suínos na fase 2, contendo níveis crescentes de fibra da cana-de-açúcar

Ingredientes, %	Dietas Experimentais ¹				
	DC	D5FC	D10FC	D15FC	D20FC
Milho	80,09	74,61	69,04	63,21	57,48
Farelo de Soja, 45%	15,76	16,50	17,06	17,90	18,60
Fibra de cana-de-açúcar	-	5,00	10,00	15,00	20,00
Óleo de Soja	0,50	0,25	0,25	0,25	0,25
Sal comum	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32
Fosfato bicálcico	0,80	0,81	0,82	0,83	0,84
Calcário calcítico	0,57	0,57	0,56	0,55	0,55
Pré-mistura vit-min. ²	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
L-Lisina, HCl 78%	0,26	0,25	0,24	0,23	0,25
L-Treonina, 98%	0,05	0,05	0,06	0,06	0,06
DL-Metionina, 99%	0,03	0,04	0,04	0,04	0,05
L-Triptofano, 98%	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
Inerte	0,51	0,50	0,51	0,51	0,50
Celite 545®	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Valores calculados e analisados					
Energia digestível, kcal/kg ⁴	3399	3019	3002	2791	2698
Proteína Bruta, % ⁴	13,45	14,42	14,45	13,30	13,19
Fibra detergente neutro, % ⁴	22,01	22,65	26,44	34,92	44,50
Fibra detergente ácido, % ⁴	3,94	6,43	9,21	12,21	18,35
Fibra dietética solúvel, % ⁴	1,73	1,20	1,80	1,80	2,57
Fibra dietética insolúvel, % ⁴	10,07	11,48	16,79	20,48	24,81
Cálcio, % ³	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47
Cloro, % ³	0,25	0,24	0,24	0,24	0,23
Sódio, % ³	0,15	0,15	0,14	0,14	0,14
Fósforo disponível, % ³	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23
Lisina digestível, % ³	0,75	0,75	0,75	0,75	0,77
Metionina digestível, % ³	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23
Treonina digestível, % ³	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Triptofano digestível, % ³	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13

¹DC dieta controle; D5FC; D10FC; D15FC; D20FC: 5, 10, 15 e 20% de fibra da cana-de-açúcar; ²Pré-mistura vitamínico-mineral – quantidade por kg de ração: 50mg de Ácido Fólico, 15mg de Selênio, 1.000mg de Cobre, 1.500mg de Pantotenato de Cálcio, 10mg de Biotina, 2.300mg de Manganês, 40mg de Iodo, 2.000mg de Niacina, 600.000U.I. de Vitamina A, 126mg de Vitamina B1, 1.500µg de Vitamina B12, 334mg de Vitamina B2, 126mg de Vitamina B6, 150.000U.I. de Vitamina D3, 1.300U.I. de Vitamina E, 200mg de Vitamina K, 8.000mg de Zinco, 11.000mg de Ferro, 10mg de Antioxidante (B.H.T.); ³Valores nutricionais dos ingredientes propostos por ROSTAGNO et al. (2011); ⁴Valores analisados.

Para formulação das dietas, deste experimento, utilizou-se os valores de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e energia digestível obtidos no primeiro experimento.

Inicialmente os animais foram submetidos a um período de 7 dias de adaptação às instalações e dietas, recebendo duas refeições diárias, às 8h e às 17h. Após o período de adaptação, iniciou-se o ensaio de desempenho, o qual durou aproximadamente 54 dias, com os animais recebendo as dietas pré-determinadas, até atingirem $123,37 \pm 11,18$ kg de peso vivo.

Os animais receberam ração e água à vontade durante todo o ensaio, sendo as sobras de ração recolhidas e pesadas diariamente, e o peso dos animais registrados semanalmente. Com base nessas informações determinou-se o consumo diário de ração (CDR), o ganho diário de peso (GDP), a conversão alimentar (CA) dos animais e o consumo diário de energia digestível (CDED). Foi também estimado o número de dias (D130) necessários para os animais atingirem o peso de 130 kg a partir do peso inicial e o ganho diário de peso. Como não houve redistribuição dos animais nos blocos ao final da fase 1, os dados foram analisados nos seguintes períodos: 1- dos 122 ($79,33 \pm 6,22$ kg de peso vivo) aos 142 dias de idade ($97,44 \pm 6,93$ kg de peso vivo) e Total- dos 122 ($79,33 \pm 6,22$ kg) aos 175 dias de idade ($123,37 \pm 11,18$ kg de peso vivo).

Quando os animais atingiram 143 dias de idade, avaliou-se a digestibilidade das dietas experimentais. Para isso, 1% de Celite 545® foi adicionado às dietas como indicador externo. O período de determinação da digestibilidade durou seis dias, sendo os três primeiros para regulação do fluxo do indicador e os três finais para a colheita das fezes, pelo método da coleta parcial.

Durante o período de coleta, foram colhidas amostras de fezes diretamente do reto dos animais, duas vezes ao dia, após o fornecimento das refeições. Posteriormente as amostras foram colocadas em sacos plásticos, devidamente identificados e, em seguida, armazenados em freezer a -8°C , até o momento das análises.

Para determinação do tempo de trânsito gastrointestinal, quando os animais tinham 152 dias de idade, forneceu-se dieta contendo 1% de óxido férrico (Fe_2O_3) e

marcou-se o tempo gasto, em minutos, entre a ingestão do alimento e o aparecimento das primeiras fezes com a coloração característica do marcador.

2.2.2. Preparo das amostras e análises químicas

Após o período de colheita, as fezes foram descongeladas e homogeneizadas, para obtenção de uma amostra composta de cada animal. Em seguida, as fezes foram submetidas a pré-secagem em estufa com ventilação forçada a 55 °C por um período de 72 horas sendo, posteriormente moídas em moinho estacionário tipo Thomas-Wiley, modelo 4, dotado de peneira com crivos de 1mm.

As análises das dietas e fezes foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da FCAV-Unesp, Câmpus de Jaboticabal. Sendo que, as análises químicas e bromatológicas dos nutrientes (MS, MO, MM, PB, EB, FDN e FDA), recuperação do indicador, bem como, os cálculos dos coeficientes de digestibilidade das dietas foram as mesmas descritas para o Experimento 1. Contudo, neste experimento foi determinado também os teores de fibras dietéticas solúvel (FDS) e insolúvel (FDI) tanto nas dietas quanto nas fezes, para os cálculos de digestibilidade das dietas. As análises foram realizadas segundo AOAC (1997), na Unesp, Câmpus de Dracena.

2.3. Análises estatísticas

Os dados de desempenho (experimento 2) foram analisados utilizando-se o delineamento em blocos casualizados, para controlar diferenças no peso inicial, sendo realizado a análise de variância por meio do procedimento PROC MIXED no programa estatístico SAS 9.3 (2012). Os dados foram submetidos aos testes de normalidade dos erros, homocedasticidade, bem como, identificados e excluídos das análises os valores outliers. As variáveis analisadas foram testadas quanto aos efeitos linear e quadrático, por meio de contrastes ortogonais e os valores de probabilidade menores que 5% foram considerados significativos.

3. RESULTADOS

A composição química, os coeficientes de digestibilidade da matéria seca (CDMS), matéria orgânica (CDMO), proteína bruta (CDPB), fibra em detergente neutro (CDFDN), fibra em detergente ácido (CDFDA), energia bruta (CDEB), o coeficiente de disponibilidade da matéria mineral (CDMM), os nutrientes e a energia digestíveis da fibra da cana-de-açúcar obtidos no experimento 1, são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Composições química, coeficientes de digestibilidade/ disponibilidade, nutrientes e energia digestíveis da fibra da cana-de-açúcar

Nutrientes e energia	Composição Química	Coeficientes digestibilidade	Nutrientes/Energia digestíveis
Matéria seca, %	90,65	12,69	11,50
Matéria orgânica, %	95,11	22,68	21,57
Matéria mineral ¹ , %	4,89	2,58	0,13
Proteína bruta, %	2,89	46,01	1,33
Fibra em detergente neutro, %	82,94	32,09	26,61
Fibra em detergente ácido, %	38,11	21,73	8,28
Energia bruta, kca/kg	5419	23,12	1253

¹MM- disponibilidade da matéria mineral.

Para os coeficientes de digestibilidade das dietas (Tabela 5), observou-se reduções lineares ($P < 0,05$) na matéria seca ($y = -3,97x + 86,68$; $R^2 = 0,81$) na matéria orgânica ($y = -4,04x + 90,59$; $R^2 = 0,89$), proteína bruta ($y = -3,07x + 79,61$; $R^2 = 0,69$), energia bruta ($y = -8,14x + 92,55$; $R^2 = 0,87$), fibra em detergente neutro ($y = -4,36x + 88,25$; $R^2 = 0,87$) e fibra dietética insolúvel ($y = -2,46x + 44,99$; $R^2 = 0,67$) à medida que os níveis de fibra da cana-de-açúcar aumentaram nas dietas.

Tabela 5. Valores médios e erro padrão da média (EPM), dos coeficientes de digestibilidade/disponibilidade (CD) das dietas com diferentes níveis de fibra da cana-de-açúcar

Variáveis ¹	Dietas Experimentais					EPM	Contraste Polinomial	
	DC	D5FC	D10FC	D15FC	D20FC		P	Efeito
CDMS, %	86,04	74,30	75,93	69,64	68,34	0,65	<0,01	Linear
CDMO, %	89,20	79,04	79,15	73,85	71,31	0,66	<0,01	Linear
CDMM, %	40,75	14,98	28,97	20,68	27,81	1,20	0,06	-
CDPB, %	80,09	68,22	72,21	67,02	65,06	1,29	0,02	Linear
CDFDN, %	86,58	75,26	76,34	70,46	67,16	0,67	<0,01	Linear
CDFDA, %	45,36	16,88	22,50	17,40	37,25	2,21	0,05	-
CDFDI, %	45,86	37,30	35,00	35,27	34,55	2,36	<0,01	Linear
CDFDS, %	66,74	38,78	69,34	65,10	79,51	7,09	0,20	-
CDEB, %	86,58	75,26	76,34	70,46	67,16	0,67	<0,01	Linear

¹MS- Matéria seca; MO- Matéria orgânica; MM-Matéria Mineral; PB-Proteína bruta; FDN- fibra em detergente neutro; FDA- Fibra em detergente ácido; FDI- Fibra dietética insolúvel; FDS- Fibra dietética solúvel; EB- Energia bruta.

O tempo de trânsito gastrintestinal diminuiu de forma linear ($P < 0,05$; $y = -97,55x + 1412,87$; $R^2 = 0,96$) à medida em que foi adicionada fibra da cana-de-açúcar às dietas (Figura 1).

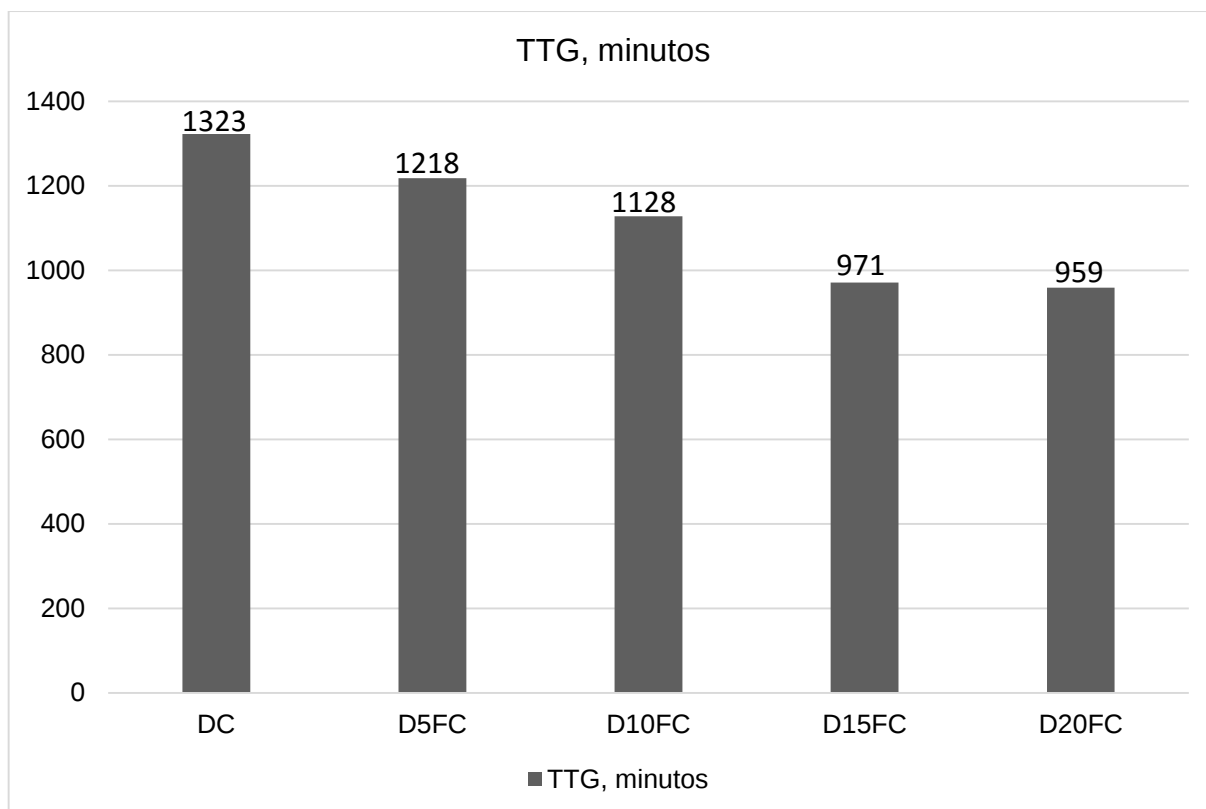


Figura 1. Tempo de trânsito gastrintestinal (TTG) em minutos, de acordo com as dietas experimentais.

Para as variáveis de desempenho, no primeiro período houve reduções lineares ($P < 0,05$) no peso final ($y = -2,24x + 103,93$; $R^2 = 0,87$), ganho diário de peso ($y = -0,08x + 1,15$, $R^2 = 0,83$), consumo diário de ração ($y = -0,22x + 3,33$; $R^2 = 0,91$), e consequentemente no consumo diário de energia digestível ($y = -1079,53x + 11321$; $R^2 = 0,96$) quando adicionou-se fibra da cana-de-açúcar nas dietas. No entanto, o nível de fibra da cana-de-açúcar da dieta não afetou ($P > 0,05$) a conversão alimentar (Tabela 6).

Tabela 6. Valores médios e erro padrão da média (EPM), das variáveis de desempenho, peso final, consumo diário de energia digestível e número de dias para atingir o peso de abate de suínos alimentados com diferentes níveis de fibra da cana-de-açúcar nas dietas

Variáveis	Dietas Experimentais					EPM	Contraste Polinomial	
	DC	D5FC	D10FC	D15FC	D20FC		P	Efeito
PI, kg	79,33	79,32	79,33	79,33	79,34	2,20	0,99	-
Período 1								
PF, kg	100,41	99,77	98,98	95,59	91,30	2,07	<0,01	Linear
GDP, kg	1,00	1,02	0,98	0,81	0,69	0,05	<0,01	Linear
CDR, kg	3,05	2,92	2,85	2,36	2,25	0,10	<0,01	Linear
CA, kg/kg	2,85	2,87	2,91	2,83	3,14	0,09	0,34	-
CDED, kcal/dia	10369	8824	8555	6610	6083	318,12	<0,01	Linear
Período Total								
PF, kg	135,24	125,86	126,97	117,61	110,62	2,60	<0,01	Linear
GDP, kg	1,06	0,94	0,92	0,74	0,60	0,03	<0,01	Linear
CDR, kg	3,12	2,90	2,96	2,53	2,32	0,10	<0,01	Linear
CA, kg/kg	2,99	3,21	3,28	3,62	3,96	0,13	<0,01	Linear
D130, dias	47,90	56,52	55,90	69,91	85,16	3,78	<0,01	Linear
CDED, kcal/dia	10615	8891	8774	7057	6436	304,62	<0,01	Linear

PI: peso inicial; PF: peso final; GDP: ganho diário de peso; CDR: consumo diário de ração; CA: conversão alimentar; CDED: consumo diário de energia digestível; D130: número de dias para atingir peso de abate (130 kg peso vivo); ²Período 1: 79,33±6,22 aos 97,44±,93kg; ³Período Total: 79,33±6,22 aos 123,37±11,18 kg.

No período total, à medida que aumentou-se os níveis de fibra da cana-de-açúcar nas dietas, houve reduções lineares ($P < 0,05$) para peso final ($y = -5,75x + 140,51$; $R^2 = 0,93$), ganho diário de peso ($y = -0,11x + 1,19$; $R^2 = 0,95$), consumo diário de ração ($y = -0,19x + 3,36$; $R^2 = 0,89$), consumo diário de energia digestível ($y =$

$1003,75x + 11358$; $R^2 = 0,94$) e conversão alimentar ($y = 0,24x + 2,70$; $R^2 = 0,95$). Consequentemente houve aumento linear do número de dias para atingir o peso de abate ($P < 0,05$; $y = 8,87x + 36,37$; $R^2 = 0,89$) (Tabela 6).

4. DISCUSSÃO

A composição química da fibra da cana-de-açúcar se diferiu da encontrada por Xandé et al. (2010) que observaram teores de energia bruta, matéria mineral, FDN e FDA menores do que os encontrados no presente estudo. No entanto, a porcentagem de matéria seca da fibra da cana-de-açúcar deste estudo foi 47% maior do que os relatados pelos autores acima, o que levou a maior concentração de nutrientes na fibra da cana-de-açúcar. Além disso, a variedade da cana-de-açúcar utilizada e as diferentes regiões de plantio dessa cultura, podem influenciar na sua composição.

A energia bruta da fibra da cana-de-açúcar (5.419 kcal/kg) foi maior que a energia bruta do milho (3.940 kcal/kg; ROSTAGNO et al., 2011), principal ingrediente energético adicionado às dietas de suínos. Porém, pelos altos teores de componentes fibrosos presentes na cana-de-açúcar, que não são degradados pelas enzimas do trato digestório dos suínos, apenas 1.253 kcal/kg de energia é digestível aos animais.

A fibra da cana-de-açúcar é composta em sua maior parte por polissacarídeos não amiláceos (PNA) insolúveis, com altos teores de celulose (38,94%), hemicelulose (29,53%) e lignina (9,96%) (VALADARES FILHO et al., 2012). E a sua reduzida digestibilidade está relacionada com a baixa capacidade dos animais em degradar esses componentes fibrosos.

Os baixos teores de nutrientes e energia digestíveis da fibra da cana-de-açúcar reduziu os coeficientes de digestibilidade das dietas em 20% para matéria seca e matéria orgânica, 30% para proteína bruta e 22 % para energia bruta quando incluiu o maior nível de fibra da cana-de-açúcar nas dietas. A redução na digestibilidade da energia bruta foi proporcionalmente maior quando comparada à encontrada por Xandé et al. (2010) que observaram diminuição de 5% na digestibilidade da energia bruta quando adicionaram 10% de cana-de-açúcar moída nas dietas de suínos em crescimento. Os efeitos negativos da fibra insolúvel sobre a digestibilidade dos nutrientes, principalmente da energia, também foram verificados por Castellini (2015)

que observou redução de 13% na digestibilidade da energia bruta quando incluiu 27% de farelo de acerola, nas dietas de suínos em terminação, e por Rodrigues (2015) que observou redução de 10% na digestibilidade da energia, com a inclusão de 30% de celulose purificada nas dietas de suínos pesados.

A maior redução na digestibilidade dos nutrientes, principalmente energia causada pela inclusão da fibra da cana-de-açúcar quando comparada a outros ingredientes fibrosos, pode ser explicada pelo fato de que a fibra da cana-de-açúcar é rica em celulose e está altamente lignificada, impedindo assim a sua degradação (EZEQUIEL et al., 2005) e aproveitamento da sua energia pelos animais.

Outro fato importante, é que a fração insolúvel presente na fibra da cana-de-açúcar, afeta diretamente a velocidade de trânsito intestinal, reduzindo o tempo de permanência do alimento no trato digestório (PASCOAL; WATANABE, 2014). Devido, a estímulos mecânicos de distensão causados pela presença de resíduos volumosos principalmente no cólon (GOMES et al., 2007). Essa resposta foi observada no presente estudo, onde o tempo de permanência do alimento no trato digestório foi 27% menor quando adicionou o maior nível de fibra da cana-de-açúcar nas dietas. Resultado semelhante foi observado por Willfart et al. (2007) que observaram redução no tempo de trânsito gastrintestinal quando incluíram 40% de farelo de trigo, fonte de fibra insolúvel, nas dietas de suínos em crescimento. No entanto, a inclusão de 7% de celulose purificada a dietas de suínos em crescimento, não afetou o tempo de permanência do alimento no trato digestório dos animais.

A baixa digestibilidade das dietas com adição da fibra da cana-de-açúcar e a diminuição no tempo de permanência do alimento no trato digestório, afetou negativamente o desempenho dos animais. O consumo diário de ração no período 1 e período total diminuiu na proporção de 2,2 e 1,9%, respectivamente, para cada nível de fibra da cana-de-açúcar adicionado às dietas. Essa resposta pode ser justificada pela capacidade gástrica dos animais. Os altos teores de fibra associados com a alta capacidade de retenção de água dessa fração, levam a maior distensão gastrintestinal, gerando sinais de saciedade e rapidamente há uma redução do consumo voluntário de ração. (XANDÉ et al., 2009). Da mesma forma, o consumo diário de energia digestível reduziu quando adicionou fibra da cana-de-açúcar às dietas.

A menor ingestão calórica refletiu em menor ganho diário de peso em ambos períodos. Porém, a redução no ganho diário de peso no período total foi mais acentuada que no primeiro período, o que contribuiu para piora na conversão alimentar.

O efeito da fibra da cana-de-açúcar sobre a redução mais acentuada no ganho de peso na última fase experimental pode estar relacionado com a alta temperatura ambiente (acima de 32°C) registrada durante o experimento e o aumento de peso dos animais, pois sabe-se, que os suínos mais pesados são mais afetados pelas temperaturas altas, isso ocorre pela maior dificuldade dos animais adultos em dissiparem calor (FIALHO; OST; OLIVEIRA, 2001), aumentando o requerimento de energia de manutenção desses animais. Outro agravante, é que a fibra por ter alta energia em sua composição, a qual é perdida durante o processo de digestão, aumenta o incremento calórico (CASTRO JÚNIOR et al., 2005). Assim, a eficiência alimentar é menor em ambientes quentes. Essa resposta foi observada por Stahly e Cromwell (1986) onde verificaram que o ganho diário de peso de suínos em crescimento alimentados com 10% de farinha desidratada de alfafa, é 5% menor em ambiente quente (35°C) quando comparado aos suínos alojados em ambiente frio (10°C).

Estes resultados concordaram com os relatados anteriormente por Xandé et al. (2009), que observaram diminuição no ganho diário de peso e piora na conversão alimentar quando adicionaram cana-de-açúcar moída em dietas de suínos em crescimento. Da mesma forma, Owusu-Asiedu et al. (2006) verificaram reduções no ganho diário de peso e no consumo diário de ração, de suínos em crescimento alimentados com 7% de celulose na dieta. Ao contrário dos resultados encontrados no presente estudo, Cordeiro et al. (2009) observaram aumento no consumo diário de ração quando foi adicionado até 30% de cana-de-açúcar integral nas dietas de suínos em crescimento, e apesar de não observarem diferença no ganho diário de peso, houve piora na conversão alimentar dos animais.

A queda no desempenho dos animais era uma resposta esperada, pois como trabalhou-se com diluição energética, o teor de energia digestível das dietas diminuiu conforme aumentou o nível de fibra da cana-de-açúcar. Adicionalmente, a elevada presença de celulose, hemicelulose e lignina presentes na fibra da cana-de-açúcar,

levaram a uma diminuição significativa na digestibilidade dos nutrientes, refletindo nas variáveis de desempenho. Estes fatores levaram ao aumento do tempo necessário, em 37 dias, para os animais atingirem 130kg com adição do maior nível de fibra da cana-de-açúcar nas dietas.

5. CONCLUSÃO

A fibra da cana-de-açúcar atua como diluente energético nas dietas para suínos a serem abatidos pesados. Contudo, ressalta-se que altos níveis de inclusão (20%) deste ingrediente, pioram significativamente a digestibilidade dos nutrientes e o desempenho dos animais levando ao maior tempo necessário para que os animais atinjam o peso desejado (130kg) para o abate.

6. AGRADECIMENTOS

A FAPESP pelo financiamento da pesquisa, PROCESSO 2012/18488-7 e pela concessão da bolsa de Doutorado, PROCESSO 2012/13164-9.

A DILUMIX- pela doação da fibra da cana-de-açúcar.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AOAC- – **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists Internacional**. 16. Ed. Washington: AOAC, v. 2. p. 37-10, 42-2, 44-3, 45-16. 1997.

AOAC – **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists Internacional**. 17. Ed. AOAC int., Arlington, VA, USA. 2000

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

CASTELINI, F. R. **Farelo de acerola em programa de restrição alimentar para suínos pesados**. 2015. xii, 112 p. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2015.

CASTRO JÚNIOR, F. G.; CAMARGO, J. C. M.; CASTRO, A. M. M. G.; BUDIÑO, F. E. L. Fibra na alimentação de suínos. **Boletim de Indústria animal**, Nova Odessa, v. 62, n. 3, p. 265-280, 2005.

CORDEIRO, M.D.; SOARES, R.T.R.N.; FERREIRA, R. A.; FONSECA, J. B.; DETMANN, E.; MERCADANTE, M. A. Cana-de-açúcar integral na alimentação de suínos em crescimento (30-60 kg). **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal** [online], v.10, n.3, p.731-739, 2009.

EZEQUIEL, J. M. B.; QUEIROZ, M. A. A.; GALATI, R. L.; MENDES, A. R.; PEREIRA, E. M. O.; FATURI, C.; NASCIMENTO FILHO, V. F.; FEITOSA, J. V. Processamento da cana-de-açúcar: Efeitos sobre a digestibilidade, o consumo e a taxa de passagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.5, p.1704-1710, 2005.

FIALHO, E. T.; OST, P. R.; OLIVEIRA, V. Interações ambiente e nutrição-estratégias nutricionais para ambientes quentes e seus efeitos sobre o desempenho e características de carcaças de suínos. In: 2ª CONFERÊNCIA INTERNACIONAL VIRTUAL SOBRE QUALIDADE DE CARNE SUÍNA. 2001, Concórdia. **Anais...** Concórdia, SC. 2001, p. 351-359.

FRAGA, A. L.; THOMAZ, M. C.; KRONKA, R. N.; BUDIÑO, F. E. L.; HUAYNATE, R. A. R.; MALHEIROS, E. B. Restrição alimentar qualitativa para suínos com elevado peso de abate. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 5, p. 869-875, 2008.

GOMES, J. D. F.; FUKUSHIMA, R. S.; GOMIDE, C. A.; SOBRAL, P. J. A.; LIMA, C. G.; PUTRINO, S. M.; Efeitos do incremento de fibra dietética sobre digestibilidade, desempenho e características de carcaça: II. Fêmeas suínas em pré-puberdade e puberdade. **Semina: Ciências agrárias**, v. 28, n. 4, p.727-738, 2007.

NRC. 2012. **Nutrient requirements of swine**. 11th rev. ed. Natl. Acad. Press, Washigton, DC.

OWUSU-ASIEDU, A.; PATIENCE, J. F.; LAARYELD, 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**, v.84, p.843-852, 2006.

PASCOAL, L. A. F.; WATANABE, P. H. Fibra Dietética na Nutrição de Suínos. In: SAKOMURA, N. K., et al. **Nutrição de não ruminantes**. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2014. cap. 4, p.357-374.

REIGH, R. C.; BRADEN, S. L.; CRAIG, R. J.; Apparent digestibility coefficients for commom feedstuffs in formulated diets for red swamp crayfish, *Procambarus clrkii*. **Aquaculture**, v. 84, p. 321-334, 1990.

RODRIGUES, D. J. **Níveis e tipos de fibra dietética para suínos pesados em restrição alimentar qualitativa**. 2015. xi, 101 p. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2015.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; FERREIRA, A. S.; OLIVEIRA, R. F.; LOPES, D. C.; BARRETO, S. L. T.; EUCLIDES, R. F. **Tabelas Brasileiras para aves e suínos: Composição de alimentos e exigências nutricionais**. Viçosa, MG:UFV, 3ed., 2011, 252p.

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

STAHLY, T. S.; CROMWELL, G. L. Responses to dietary addition of fiber (alfafa meal) in growing pigs housed in a cold, warm or hot thermal environment. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 63, p.1870-1876, 1986.

VALADARES FILHO, S. C., MACHADO, P. A. S., CHIZZOTTI, M. L. CQBAL 3.0. **Tabelas Brasileiras de Composição de Alimentos para Bovinos**. 2012. Disponível em www.ufv.br/cqbal. Acesso em <10/09/15>

VAN KEULEN, J.; YOUNG, B. A. Evaluation of acid-insoluble ash as natural marker in ruminant digestibility studies. **Journal of Animal Science**, v. 44, n. 2, p. 282-287, 1977.

WILFART, A.; MONTAGNE, L.; SIMMINS, H.; NOBLET, J.; VAN MILGEN, J. Digesta transit in different segments of the gastrointestinal tract of pigs as affected by insoluble fibre supplied by wheat bran. **British Journal of Nutrition**, v.98, p.54-62, 2007.

XANDÉ, X.; RÉGNIER, C.; ARCHIMÉDE, H.; BOCAGE, B.; NOBLET, J.; RENAUDEAU, D. Nutritional values of sugarcane products in local Caribbean growing pigs. **The Animal Consortium**. v. 4, p. 745-754, 2010.

XANDÉ, X.; DESPOIS E.; GIORGI, M.; GOURDINE, J.L.; ARCHIMÉDE H.; RENAUDEAU, D. Influence of sugar cane diets and high fibre commercial diet on growth and carcass performance in local caribbean pigs. **Asian-Australian Journal Animal Science**. v. 22, n.01, p.90-98, 2009.

CAPÍTULO 3 – Níveis de fibra da cana-de-açúcar sobre o peso dos órgãos do sistema digestório, as características de carcaça e a qualidade da carne de suínos abatidos pesados

RESUMO- Objetivou-se avaliar os efeitos de níveis crescentes de fibra da cana-de-açúcar como diluidor energético das dietas de suínos pesados, sobre o peso dos órgãos do sistema digestório, características de carcaça e a qualidade de carne. Cinquenta suínos machos castrados, de linhagem comercial, com peso vivo inicial de $79,33 \pm 6,22$ e final de $123,37 \pm 11,18$ kg, foram distribuídos em um delineamento em blocos ao acaso, com cinco dietas experimentais, com 10 repetições. As dietas experimentais consistiram de uma dieta controle (milho e farelo de soja) e quatro dietas com níveis crescentes (5, 10, 15, 20%) de fibra da cana-de-açúcar. Observou-se aumento linear ($P < 0,05$) nos pesos relativos do estômago e do cólon, e reduções lineares ($P < 0,05$) dos pesos de carcaça quente, do pernil e da quantidade de carne magra, conforme adicionou fibra da cana-de-açúcar nas dietas. Por outro lado, os rendimentos de carcaça e pernil não foram afetados ($P > 0,05$) pelas dietas experimentais. Além disso, a inclusão da fibra da cana-de-açúcar nas dietas reduziu ($P < 0,05$) a espessura de toucinho e aumentou ($P < 0,05$) a relação carne/gordura. Os parâmetros de qualidade da carne não foram afetados ($P > 0,05$) pelas dietas experimentais. A utilização de fibra da cana-de-açúcar, como diluente de energia nas dietas de suínos pesados, melhora a qualidade das carcaças reduzindo a espessura de toucinho e aumentando a relação carne/gordura, porém diminui a quantidade de carne magra sem afetar o rendimento e os parâmetros da qualidade de carne.

Palavras-chave: carne magra, fibra dietética, *Longissimus dorsi*

CHAPTER 3 – Levels of sugarcane fiber on the digestive tract organs, carcass traits and meat quality from swine slaughtered heavy

ABSTRACT – The aim of this study was to evaluate diets with growing levels of sugarcane fiber in the feeding of finishing swine slaughtered heavy, related with the digestive organs weights, carcass traits and meat quality. Fifty barrows from commercial line with initial body weight of 79.33 ± 6.22 and final 123.37 ± 11.18 kg were allocated in experimental randomized block design, with five experimental diets and ten replications. The experimental diets were a control diet (corn-soybean meal) and four diets with (5, 10, 15, 20%) sugarcane fiber addition. There was an increase ($P < 0.05$) in the stomach and colon weights and decreased ($P < 0.05$) it was observe for the hot carcass weight, the ham weight and the amount of lean meat, when included sugarcane fiber in the feeding of finishing swine. However, the carcass yield and ham yield were not affected ($P > 0.05$) by the experimental diets, moreover, the addition of sugarcane fiber in the diets decreased ($P < 0.05$) backfat thickness and increased ($P < 0.05$) the ratio meat/fat on the carcass. The meat quality parameters were not affected ($P > 0.05$) by experimental diets. The inclusion of sugarcane fiber as energy rationing strategy for the heavy swine diets improves the quality of carcasses reducing backfat thickness and increasing the ratio meat/fat, but decreases the amount of lean meat without affect the yield and meat quality parameters.

Key-words: dietary fiber, lean meat, *Longissimus dorsi*

1. INTRODUÇÃO

A prática do abate de suínos pesados em torno dos 130kg vem sendo adotada por muitas indústrias. Melhorias no material genético, na sanidade e no manejo alimentar têm viabilizado a manutenção dos suínos na granja até alcançarem maior peso de abate. Essa mudança, vem em decorrência das exigências de mercado por maiores quantidades de cortes nobres e carnes mais magras na carcaça, assim, a tipificação e a bonificação por carcaças de melhor qualidade estão se tornando práticas comuns no mercado da carne suína (FACCO, 2003).

No entanto, a alta deposição de gordura na carcaça dos suínos pesados (MOREIRA et al., 2007) pode inviabilizar esta prática se não for adotado um manejo alimentar adequado. Assim, é necessária a adoção de um programa de restrição alimentar, seja ela quantitativa ou qualitativa. A restrição alimentar qualitativa é mais conveniente ao produtor pois implica, apenas, na diluição da energia da ração fornecida aos animais.

A inclusão de ingredientes ricos em fibra está associada com a redução no teor de energia da ração e pode ser utilizada como uma estratégia a fim de limitar a gordura na carcaça (XANDÉ et al., 2009). O aumento nos teores de fibra dietética insolúvel nas dietas de suínos pesados, reduz a espessura de toucinho e aumenta a relação carne/gordura nas carcaças (RODRIGUES, 2015), além de melhorar a composição em ácidos graxos da carne, como aumentos nos teores dos ácidos graxos α -linolênico e linoleico conjugado (CASTELINI, 2015).

A fibra da cana-de-açúcar é um subproduto obtido através da extração da cana-de-açúcar, possui em sua composição altos teores de celulose, sendo caracterizada como fonte de fibra dietética insolúvel. Diante da grande disponibilidade deste ingrediente na região sudeste, a sua utilização na alimentação de suínos abatidos aos 130kg, pode ser uma alternativa viável.

Diante do exposto, este estudo teve como objetivo avaliar os efeitos da utilização de diferentes níveis de fibra da cana-de-açúcar, como diluente energético nas dietas de suínos abatidos pesados, sobre o peso dos órgãos do trato gastrointestinal, as características de carcaça e a qualidade da carne.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os procedimentos experimentais, foram analisados e aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA), da Universidade Estadual Paulista/ Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, sob o Protocolo nº 014859/12. Os animais foram criados de acordo com os princípios éticos na experimentação animal do Colégio Brasileiro de Experimentação (COBEA).

2.1. Instalações, animais e dietas experimentais

O ensaio foi conduzido nas instalações experimentais do Laboratório de Pesquisas em Suinocultura do Departamento de Zootecnia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias-UNESP, Câmpus de Jaboticabal. Os animais foram alojados em baias individuais com 2,55 m² cada, equipadas com comedouros semi-automáticos e bebedouros do tipo chupeta.

Cinquenta suínos machos castrados de linhagem comercial, com 122 dias de idade e peso inicial de 79,33±6,22kg foram distribuídos nas dietas experimentais segundo o delineamento em blocos ao acaso, formados de acordo com o peso inicial, com cinco dietas experimentais (tratamentos) contendo níveis crescentes de fibra da cana-de-açúcar, e dez repetições, com um animal constituindo a unidade experimental.

As dietas experimentais elaboradas, foram:

- DC - Dieta controle, composta principalmente por milho e farelo de soja;
- D5FC - Dieta contendo 5% de fibra da cana-de-açúcar;
- D10FC - Dieta contendo 10% de fibra da cana-de-açúcar;
- D15FC - Dieta contendo 15% de fibra da cana-de-açúcar;
- D20FC - Dieta contendo 20% de fibra da cana-de-açúcar;

As dietas foram formuladas para atender as exigências indicadas por Rostagno et al. (2011), para suínos de alto potencial genético, em duas fases, sendo: Fase 1: dos 122 (79,33±6,22kg de peso vivo) aos 142 dias de idade (97,44±6,93kg de peso vivo) e fase 2: dos 143 (97,44±6,93kg de peso vivo) aos 175 dias de idade (123,37±11,18kg de peso vivo) (Tabelas 2 e 3). As dietas experimentais foram nutricionalmente semelhantes, com ressalva, de que para cada nível de fibra da cana-de-açúcar empregado, a energia digestível da dieta foi reduzida.

A fonte de fibra da cana-de-açúcar utilizada foi a Fibercane (Dilumix Industrial LTDA), obtida através de secagem e moagem do bagaço da cana-de-açúcar.

Tabela 1. Composições centesimal, química e energética das dietas fornecidas aos suínos na fase 1, contendo níveis crescentes de fibra da cana-de-açúcar

Ingredientes, %	Dietas Experimentais ¹				
	DC	D5FC	D10FC	D15FC	D20FC
Milho	77,04	71,23	65,30	59,50	53,77
Farelo de soja, 45%	20,38	21,11	21,86	22,60	23,30
Fibra de cana-de-açúcar	-	5,00	10,00	15,00	20,00
Sal comum	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Fosfato bicálcico	0,86	0,90	0,88	0,89	0,90
Calcário calcítico	0,61	0,58	0,60	0,59	0,58
Pré-mistura vit-min. ²	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
L-Lisina, HCl 78%	0,22	0,21	0,20	0,19	0,18
L-Treonina, 98%	0,04	0,04	0,05	0,05	0,06
DL-Metionina, 99%	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05
Inerte	0,36	0,44	0,62	0,68	0,71
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Valores calculados e analisados					
Energia digestível, kcal/kg ⁴	3399	3021	3001	2800	2703
Proteína bruta, % ⁴	15,53	15,53	15,53	15,53	15,53
Fibra detergente neutro, % ⁴	19,93	20,47	24,11	31,87	41,49
Fibra detergente ácido, % ⁴	3,56	5,81	8,40	11,14	17,11
Fibra dietética solúvel, % ⁴	1,56	1,09	1,64	1,64	2,39
Fibra dietética insolúvel, % ⁴	9,12	10,37	15,31	18,69	23,13
Cálcio, % ³	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51
Cloro, % ³	0,27	0,26	0,26	0,26	0,25
Sódio, % ³	0,16	0,16	0,16	0,16	0,15
Fósforo disponível, % ³	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Lisina digestível, % ³	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83
Metionina digestível, % ³	0,25	0,26	0,25	0,25	0,25
Treonina digestível, % ³	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55
Triptofano digestível, % ³	0,15	0,15	0,15	0,16	0,16

¹DC dieta controle; D5FC, D10FC, D15FC e D20FC: 5, 10, 15 e 20% de fibra da cana-de-açúcar; ²Pré-mistura vitamínico-mineral – quantidade por kg de ração: 50mg de Ácido Fólico, 15mg de Selênio, 1.000mg de Cobre, 1.500mg de Pantotenato de Cálcio, 10mg de Biotina, 2.300mg de Manganês, 40mg de Iodo, 2.000mg de Niacina, 600.000U.I. de Vitamina A, 126mg de Vitamina B1, 1.500µg de Vitamina B12, 334mg de Vitamina B2, 126mg de Vitamina B6, 150.000U.I. de Vitamina D3, 1.300U.I. de Vitamina E, 200mg de Vitamina K, 8.000mg de Zinco, 11.000mg de Ferro, 10mg de Antioxidante (B.H.T.); ³Valores nutricionais dos ingredientes propostos por ROSTAGNO et al. (2011); ⁴Valores analisados.

Tabela 2. Composições centesimal, química e energética das dietas fornecidas aos suínos na fase 2, contendo níveis crescentes de fibra da cana-de-açúcar

Ingredientes, %	Dietas Experimentais ¹				
	DC	D5FC	D10FC	D15FC	D20FC
Milho	80,09	74,61	69,04	63,21	57,48
Farelo de soja, 45%	15,76	16,50	17,06	17,90	18,60
Fibra de cana-de-açúcar	-	5,00	10,00	15,00	20,00
Óleo de Soja	0,50	0,25	0,25	0,25	0,25
Sal comum	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32
Fosfato bicálcico	0,80	0,81	0,82	0,83	0,84
Calcário calcítico	0,57	0,57	0,56	0,55	0,55
Pré-mistura vit-min. ²	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
L-Lisina, HCl 78%	0,26	0,25	0,24	0,23	0,25
L-Treonina, 98%	0,05	0,05	0,06	0,06	0,06
DL-Metionina, 99%	0,03	0,04	0,04	0,04	0,05
L-Triptofano, 98%	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
Inerte	0,51	0,50	0,51	0,51	0,50
Celite 545®	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Valores calculados e analisados					
Energia digestível, kcal/kg ⁴	3399	3019	3002	2791	2698
Proteína Bruta, % ⁴	13,45	14,42	14,45	13,30	13,19
Fibra detergente neutro, % ⁴	22,01	22,65	26,44	34,92	44,50
Fibra detergente ácido, % ⁴	3,94	6,43	9,21	12,21	18,35
Fibra dietética solúvel, % ⁴	1,73	1,20	1,80	1,80	2,57
Fibra dietética insolúvel, % ⁴	10,07	11,48	16,79	20,48	24,81
Cálcio, % ³	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47
Cloro, % ³	0,25	0,24	0,24	0,24	0,23
Sódio, % ³	0,15	0,15	0,14	0,14	0,14
Fósforo disponível, % ³	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23
Lisina digestível, % ³	0,75	0,75	0,75	0,75	0,77
Metionina digestível, % ³	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23
Treonina digestível, % ³	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Triptofano digestível, % ³	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13

¹DC dieta controle; D5FC, D10FC, D15FC e D20FC: 5, 10, 15 e 20% de fibra da cana-de-açúcar; ²Pré-mistura vitamínico-mineral – quantidade por kg de ração: 50mg de Ácido Fólico, 15mg de Selênio, 1.000mg de Cobre, 1.500mg de Pantotenato de Cálcio, 10mg de Biotina, 2.300mg de Manganês, 40mg de Iodo, 2.000mg de Niacina, 600.000U.I. de Vitamina A, 126mg de Vitamina B1, 1.500µg de Vitamina B12, 334mg de Vitamina B2, 126mg de Vitamina B6, 150.000U.I. de Vitamina D3, 1.300U.I. de Vitamina E, 200mg de Vitamina K, 8.000mg de Zinco, 11.000mg de Ferro, 10mg de Antioxidante (B.H.T.); ³Valores nutricionais dos ingredientes propostos por ROSTAGNO et al. (2011); ⁴Valores analisados.

As análises de energia e proteína bruta, fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido dietas experimentais foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias-UNESP, Câmpus de Jaboticabal. As análises de fibras dietéticas solúvel e insolúvel foram realizadas no laboratório de nutrição animal da UNESP- Câmpus de Dracena.

2.2. Manejo e abate dos animais

O experimento teve duração de 54 dias. Quando os suínos apresentaram peso médio de $123,37 \pm 11,18$ kg e 175 dias de idade, foram submetidos a jejum sólido por 12h antes do abate. Os animais foram abatidos em um frigorífico comercial com serviço de inspeção estadual localizado à 20km de Jaboticabal. Este, seguiu as normas do abate humanitário para suínos (RSPCA, 2010) e no momento do abate os animais foram insensibilizados, por meio de descarga elétrica, seguida pelos procedimentos de sangria, depilação e evisceração.

2.3. Pesos dos órgãos do sistema digestório

Logo após o abate e evisceração dos animais, os órgãos do sistema digestório foram separados. Foram feitas as pesagens do estômago, intestino delgado, ceco e cólon vazios, e também do fígado sem a vesícula e pâncreas, conforme descrito por Pond et al. (1988), possibilitando as determinações dos pesos absoluto e relativo. O peso relativo foi calculado dividindo-se o peso absoluto do órgão vazio pelo peso vivo do animal.

2.4. Características de carcaça

Após a retirada das vísceras, as carcaças foram serradas longitudinalmente ao meio e pesadas. Relacionando-se o peso das meias carcaças com o peso vivo após o jejum, obteve-se o rendimento de carcaça. Em seguida, as meias carcaças foram levadas à câmara frigorífica, em temperatura de refrigeração (4°C), permanecendo por 24 horas, quando então foram avaliadas. Seguindo o Método Brasileiro de Classificação de Carcaças (ABCS, 1973), na meia carcaça esquerda de cada animal foram realizadas as seguintes medidas: comprimento da carcaça, espessura média

de toucinho (resultante das espessuras de toucinho na altura da primeira e última vértebra torácica e última vértebra lombar), peso e rendimento de pernil, área de olho de lombo, área de gordura e relação carne/gordura (obtida por meio da divisão da área de olho de lombo pela área de gordura).

Foram também realizadas as seguintes mensurações: peso da carcaça quente (PCQ), espessura de toucinho (ET) e profundidade de lombo (PL), obtidas entre a última e a penúltima costela, a seis centímetros da linha dorsal média, sendo estas duas últimas medidas tomadas na meia carcaça esquerda resfriada, com auxílio de um paquímetro, de modo a simular a leitura efetuada com a pistola de tipificação no ponto P2. Com os valores de PCQ, ET e PL foram, então, calculadas a quantidade de carne magra (QCM) e a porcentagem de carne magra (%CM), de acordo com as seguintes equações propostas por GUIDONI (2000):

$$QCM = 7,38 - 0,48 \times ET + 0,059 \times PL + 0,525 \times PCQ$$

$$\%CM = 65,92 - 0,685 \times ET + 0,094 \times PL - 0,026 \times PCQCa$$

2.5. Qualidade da carne

Decorridos 45 minutos do abate, foi mensurado o pH (pH 45') nos músculos *Longissimus* e *Semimembranosus* da meia carcaça direita de cada animal, sendo estas medidas novamente realizadas, nos mesmos locais, após 24 horas (pH 24h) com as carcaças mantidas sob refrigeração (4°C).

Da meia carcaça direita de cada animal, foi colhida uma amostra de, aproximadamente, 15cm do músculo *Longissimus dorsi*, sendo retirada a camada de gordura adjacente ao músculo. Esta foi levada ao Laboratório de Tecnologia de Produtos de Origem Animal do Departamento de Tecnologia da FCAV – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, onde foram realizadas as análises físicas da carne.

Para medir a capacidade de retenção de água da carne crua, amostras de aproximadamente 2g foram dispostas entre duas folhas de papel filtro e submetidas à pressão exercida por um peso de 10kg durante 5 minutos (HAMM, 1986), pesando-se, em seguida, novamente as amostras, sendo expressa em porcentagem.

Na determinação da coloração, cortes de aproximadamente 2cm de espessura foram obtidos das amostras, que foram expostos ao ar por 40 minutos para reação da mioglobina com o oxigênio atmosférico (SHIMOKOMAKI, 2003). As medidas de

coloração foram obtidas com o aparelho da marca MINOLTA, operado no sistema CIELAB, encontrando valores de L^* (indicação de luminosidade), a^* (indicação do teor de vermelho) e b^* (indicação do teor de amarelo) da carne (MINOLTA, 1998).

Em seguida, os cortes foram levados ao forno pré-aquecido (170 °C) até atingirem a temperatura, no centro geométrico da amostra, de 70 °C, determinando-se as perdas por cocção (perdas evaporativas, por gotejamento e total), expressas em porcentagem. Após a cocção, as amostras foram cortadas na forma cilíndrica e submetidas ao aparelho TEXTURE ANALYZER TA-XT-125, para mensuração da força de cisalhamento, expressa em kgf/cm^2 (LYON et al., 1998).

Para avaliar as perdas de água por gotejamento, amostras de aproximadamente 110g, livres de gordura, foram suspensas em redes de nylon seladas, dentro de sacos plásticos e assim permanecendo em câmara fria, à temperatura de 4°C por 48 horas. A perda de água por gotejamento foi calculada pela diferença entre os pesos inicial e final da amostra, sendo expressa em porcentagem (BOCCARD et al., 1981).

A análise de oxidação lipídica foi realizada observando-se a reatividade de substâncias com o ácido 2-tiobarbitúrico (TBA), em amostras armazenadas sob temperatura de refrigeração, de acordo com o método descrito por Pikul et al. (1989). Os resultados foram expressos em mgTMP.g^{-1} .

A concentração de lipídeos totais foi determinada em extrator Soxhlet, segundo AOAC (2005) e o teor de colesterol foi determinado por colorimetria, de acordo com Bohac et al. (1988), adaptado por Bragagnolo e Rodriguez-Amaya (1995).

2.5.1. Análise do perfil de ácidos graxos da carne

Para a análise de ácidos graxos, foram realizadas extrações lipídicas por solubilização em clorofórmio-metanol (2:1), sendo determinado o conteúdo de lipídios totais (BLIGH e DYER, 1959), após secagem do extrato.

Os extratos concentrados de lipídios obtidos em rotoevaporador (60 °C), foram processados, sendo realizada a esterificação dos ácidos graxos (BRAGAGNOLO e RODRIGUEZ-AMAYA, 2002), sendo analisados em cromatógrafo gasoso Shimadzu 14B, equipado com detector de ionização de chama e coluna capilar de sílica fundida.

A identificação dos picos foi feita por comparação dos tempos de retenção com os de padrões de ésteres metílicos de ácidos graxos Sigma.

2.4. Análises estatísticas

Os dados foram submetidos à análise de variância por meio do procedimento PROC MIXED no programa estatístico SAS 9.3 (2012). Realizou-se os testes de normalidade dos erros, homocedasticidade, bem como, identificados e excluídos das análises os valores outliers. As variáveis analisadas foram testadas quanto a efeitos linear e quadrático, por meio de contrastes ortogonais, a 5% de probabilidade.

3. RESULTADOS

A inclusão de fibra da cana-de-açúcar influenciou os pesos dos órgãos do sistema digestório (Tabela 3).

Tabela 3. Valores médios e erro padrão da média (EPM) do peso dos órgãos do sistema digestório de suínos abatidos pesados, em função dos níveis crescentes de fibra da cana-de-açúcar nas dietas experimentais

	Dietas Experimentais						Contraste polinomial	
Variáveis	DC	D5FC	D10FC	D15FC	D20FC	EPM	P	Efeito
Peso absoluto, kg								
Estômago	0,59	0,56	0,58	0,57	0,58	0,02	0,62	-
Intestino Delgado	1,87	1,92	1,93	1,79	1,82	0,08	0,52	-
Ceco	0,19	0,21	0,20	0,18	0,19	0,01	0,49	-
Cólon	1,91	1,81	1,84	2,11	2,03	0,08	0,02	Quadrático
Fígado	1,93	1,87	1,93	1,70	1,67	0,07	0,06	-
Pâncreas	0,22	0,21	0,20	0,21	0,21	0,02	0,72	-
Peso relativo, %								
Estômago	0,46	0,45	0,46	0,48	0,52	0,02	0,03	Linear
Intestino Delgado	1,43	1,52	1,52	1,53	1,64	0,06	0,29	-
Ceco	0,14	0,16	0,16	0,15	0,17	0,01	0,63	-
Cólon	1,42	1,43	1,45	1,80	1,82	0,06	<0,01	Linear
Fígado	1,48	1,49	1,52	1,45	1,51	0,06	0,82	-
Pâncreas	0,17	0,17	0,16	0,17	0,18	0,01	0,96	-

Houve efeito quadrático ($P < 0,05$) para o peso absoluto do cólon ($y = 0,02x^2 - 0,06x + 1,91$; $R^2 = 0,54$), sendo o menor peso estimado com a inclusão de 1,5% de fibra da cana-de-açúcar, os demais não foram afetados ($P > 0,05$) pelos níveis da fibra da cana-de-açúcar da dieta.

Para os pesos relativos dos órgãos, houve aumento linear para estômago ($P < 0,05$; $y = 0,016x + 0,42$; $R^2 = 0,72$), e cólon ($P < 0,05$; $y = 0,12x + 1,23$; $R^2 = 0,80$) à medida em que adicionou-se fibra da cana-de-açúcar às dietas. Os demais órgãos do sistema digestório não foram afetados ($P > 0,05$).

A maioria das características de carcaça também foram afetadas ($P < 0,05$) pela inclusão de fibra da cana-de-açúcar nas dietas (Tabela 4).

Tabela 4. Valores médios e erro padrão da média (EPM) das características de carcaça de suínos abatidos pesados, em função dos níveis crescentes de fibra da cana-de-açúcar nas dietas experimentais

Variáveis ¹	Dietas experimentais					EPM	Contraste polinomial	
	DC	D5FC	D10FC	D15FC	D20FC		P	Efeito
PF, kg	135,24	125,86	126,97	117,61	110,62	2,60	<0,01	Linear
PCQ, kg	108,72	100,99	99,93	95,61	86,80	1,93	<0,01	Linear
RC, %	80,10	80,20	80,02	79,80	78,45	0,56	0,15	-
CC, cm	102,14	100,48	102,26	101,16	97,94	1,18	0,41	-
ETm, mm	23,97	22,82	23,30	21,10	18,82	0,53	<0,01	Linear
ET (P2), mm	17,54	16,25	15,52	12,66	11,46	1,24	<0,01	Linear
PL, mm	64,80	63,38	64,85	57,69	59,12	1,82	0,01	Linear
AOL, cm ²	43,86	42,60	43,00	41,22	38,44	1,42	0,12	-
AG, cm ²	26,40	23,80	23,65	19,89	16,50	1,35	<0,01	Linear
Relação CG	1,59	1,79	1,83	2,20	2,50	0,13	<0,01	Linear
PP, kg	14,82	14,27	13,97	13,08	12,62	0,54	0,02	Linear
RP, %	27,69	27,26	27,45	28,21	28,28	0,53	0,25	-
QCM, kg	59,93	56,33	56,29	53,28	50,27	1,01	<0,01	Linear
%CM, %	51,28	51,45	51,56	53,65	53,82	1,14	0,31	-

¹PF- Peso Final; PCQ- Peso de carcaça quente; RC - Rendimento de carcaça; CC - Comprimento de carcaça; ETm - Espessura de toucinho média; ET (P2)- Espessura de toucinho no ponto P2; PL- profundidade de lombo; AOL - Área de olho de lombo; AG: área de gordura; Relação CG - Relação carne/gordura; PP - Peso de pernil; RP - Rendimento de pernil; QCM - Quantidade de carne magra na carcaça e %CM - Porcentagem de carne magra na carcaça.

À medida em que os níveis de fibra aumentaram, observou-se reduções lineares ($P < 0,05$) no peso final ($y = -2,24x + 103,93$; $R^2 = 0,87$), no peso de carcaça

quente ($y = -4,92x + 113,18$; $R^2 = 0,94$), na espessura de toucinho média ($y = -1,20x + 25,60$; $R^2 = 0,84$), espessura de toucinho no ponto P2 ($y = -1,57x + 19,41$; $R^2 = 0,96$), profundidade de lombo ($y = -1,70x + 67,08$; $R^2 = 0,65$), área de gordura ($y = -2,37x + 29,12$; $R^2 = 0,93$), peso do pernil ($y = -0,56x + 15,43$; $R^2 = 0,98$) e na quantidade de carne magra ($y = -2,23x + 61,93$; $R^2 = 0,94$).

Por outro lado, o aumento dos níveis de fibra nas dietas, aumentou de forma linear ($P < 0,05$) a relação carne/gordura na carcaça ($y = 0,22x + 1,31$; $R^2 = 0,93$). As demais características avaliadas, como rendimento de carcaça e porcentagem de carne magra nas carcaças, não foram afetadas ($P > 0,05$) pelas dietas experimentais.

As variáveis estudadas para características qualitativas da carne como pH, capacidade de retenção de água, perdas por cocção, perdas por gotejamento, oxidação lipídica e colesterol não foram influenciadas ($P > 0,05$) pelas dietas experimentais (Tabela 5).

Tabela 5. Valores médios e erro padrão da média (EPM) das características qualitativas da carne de suínos pesados, em função dos diferentes níveis de fibra da cana-de-açúcar nas dietas experimentais

Variáveis ¹	Dietas Experimentais					EPM	Contraste polinomial	
	DC	D5FC	D10FC	D15FC	D20FC		P	Efeito
Semimembranosus								
pH 45'	6,08	6,14	6,05	6,25	6,17	0,08	0,22	-
pH 24h	5,59	5,66	5,58	5,53	5,51	0,05	0,25	-
Longissimus dorsi								
pH 45'	6,23	6,21	6,25	6,22	6,15	0,08	0,99	-
pH 24h	5,98	5,84	5,86	5,81	5,64	0,95	0,22	-
CRA, %	73,07	72,18	72,18	72,09	71,47	1,34	0,62	-
COR								
L*	59,47	58,55	58,03	59,64	59,45	1,35	0,92	-
a*	7,43	8,18	6,64	6,33	6,77	0,55	0,06	-
b*	5,55	6,01	5,01	5,13	5,64	0,46	0,28	-
PPC, %	29,08	28,83	27,46	28,54	28,15	1,14	0,51	-
FC, kgF/cm ²	2,01	1,75	1,75	2,07	1,88	0,12	0,05	-
PPG, %	8,80	8,46	9,45	8,32	11,12	0,83	0,87	-
TBARS	0,19	0,23	0,22	0,22	0,23	0,01	0,17	-
Lipídeos totais, %	5,44	7,06	5,48	4,67	5,27	0,66	0,07	-
Colesterol, mg/100g	27,35	25,24	28,59	27,00	22,41	2,03	0,75	-

¹CRA- Capacidade de retenção de água; L*- Luminosidade; a*- teor de vermelho; b*- teor de amarelo; PPC- perda por cocção; FC- força de cisalhamento; PPG- perda por gotejamento; TBARS- oxidação lipídica, mgTMP/g.

A composição em ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poli-insaturados do músculo *Longissimus dorsi* (Tabela 6) não foi afetada ($P>0,05$) pelos níveis de fibra da cana-de-açúcar nas dietas experimentais.

Tabela 6. Valores médios e erro padrão da média (EPM), dos ácidos graxos do músculo *Longissimus dorsi* de suínos abatidos pesados, em função dos níveis crescentes de fibra da cana-de-açúcar nas dietas experimentais

Ácidos graxos, %	Dietas Experimentais					EPM	Contraste polinomial	
	DC	D5FC	D10FC	D15FC	D20FC		P	Efeito
Saturados	28,22	29,94	20,84	29,39	22,91	-	-	-
Cáprico (C10:0)	27,50	29,20	20,10	28,60	22,10	4,65	0,76	-
Láurico (C12:0)	0,09	0,11	0,09	0,09	0,10	0,004	0,48	-
Mirístico (C14:0)	0,08	0,08	0,08	0,07	0,07	0,005	0,53	-
Pentadecanóico (C15:0)	0,02	0,03	0,02	0,02	0,03	0,002	0,10	-
Palmítico (C16:0)	0,07	0,06	0,07	0,07	0,07	0,006	0,24	-
Esteárico (C18:0)	0,37	0,37	0,39	0,44	0,43	0,034	0,16	-
Araquídico (C20:0)	0,09	0,09	0,09	0,10	0,11	0,005	0,35	-
Monoinsaturados	45,89	46,92	46,31	45,80	46,59	-	-	-
Miristoléico (C14:1)	0,02	0,03	0,02	0,02	0,03	0,002	0,10	-
Palmitoléico (C16:1)	2,99	3,27	3,11	3,10	3,20	0,157	0,86	-
Heptadecanóico (C17:1)	0,38	0,35	0,38	0,42	0,41	0,034	0,32	-
Oléico (C18:1n9c)	42,50	43,27	42,80	42,26	42,95	0,512	0,19	-
Poliinsaturados	8,04	7,83	7,99	8,43	9,27	-	-	-
Linoléico (C18:2n6c)	6,80	6,63	6,80	7,00	7,74	0,458	0,72	-
Eicosatrienóico (C20:3n6)	0,03	0,03	0,04	0,03	0,04	0,003	0,64	-
CLA ¹ (C18:2c9, t11)	0,09	0,09	0,09	0,10	0,11	0,004	0,35	-
Y Linolenico (C18:3n6)	0,03	0,04	0,03	0,04	0,04	0,003	0,17	-
α Linolenico (C18:3n3)	0,19	0,18	0,20	0,19	0,23	0,014	0,77	-
Araquidônico (C20:4n8)	0,90	0,86	0,83	1,07	1,11	0,105	0,19	-

¹CLA: Ácido linoleico conjugado

4. DISCUSSÃO

A inclusão de fibra da cana-de-açúcar nas dietas de suínos em terminação aumentou os pesos do estômago e cólon. Estes resultados eram esperados, pois a densidade de um ingrediente é inversamente proporcional ao seu teor de FDN (GIGER-REVERDIN et al., 2004), portanto, a inclusão de fibra da cana-de-açúcar, com alto teor de FDN, conferiu maior volume às dietas, o que promoveu maior secreção gástrica, aumentando o peso do estômago e maior fermentação da digesta no intestino grosso (DA SILVA et al., 2012). Fraga et al. (2009a) também verificaram aumento no peso do estômago em suínos em terminação alimentados com até 20% de casca de arroz, no entanto, os autores verificaram redução no peso do ceco, diferentemente do que foi encontrado no presente estudo. O cólon é o principal ponto de degradação de fibras que apresentam fração insolúvel, enquanto o ceco é o ponto de degradação das fibras com fração solúvel (GLITSO et al., 1998). Assim, ingredientes fibrosos com alto teor de fibra insolúvel, podem promover aumento no peso do cólon, como foi observado neste estudo.

O peso dos órgãos do sistema digestório é um parâmetro importante, pois está relacionado com o rendimento de carcaça. Esta variável pode ser reduzida se houver aumento excessivo nos órgãos, o que não foi observado neste estudo.

A redução no peso vivo final dos animais, com a inclusão de fibra da cana-de-açúcar nas dietas, proporcionou menor peso de carcaça quente em 21,9kg quando adicionou o maior nível de fibra da cana-de-açúcar nas dietas. Consequentemente, estes resultados refletiram-se nos pesos do pernil e na quantidade de carne magra, que também foram reduzidos. Por outro lado, a adição da fibra da cana-de-açúcar nas dietas não prejudicou o rendimento de carcaça e o rendimento de pernil.

O rendimento de carcaça é uma variável importante, pois está relacionada com o peso de abate do animal, e representa a rentabilidade da porção comestível. Portanto, a ausência de efeito da fibra da cana-de-açúcar sobre essa característica, é uma resposta desejável. Além disso, a espessura de toucinho média, a espessura de toucinho no ponto P2 e a área de gordura diminuíram, aumentando assim, a relação carne/gordura na carcaça, à medida em que aumentou os níveis de fibra da cana-de-açúcar nas dietas. Estas variáveis refletem-se na qualidade das carcaças,

demonstrando que o uso desta ferramenta é positivo quando o objetivo é obter um produto que atenda as exigências do consumidor, além de proporcionar, ao produtor, a possibilidade de receber bonificação pelas carcaças no frigorífico.

Semelhantemente a este estudo, Rodrigues (2015) também verificou redução na espessura média de toucinho e aumento na relação carne/gordura, sem afetar o rendimento de carcaça, quando avaliou níveis de celulose nas dietas para suínos abatidos pesados.

Contrariamente ao presente estudo, Xandé et al (2009) observaram aumento nos pesos do lombo e do pernil em carcaças de suínos em crescimento, alimentados com dietas com cana-de-açúcar moída quando compararam com aqueles que receberam a dieta basal (milho e farelo de soja), a dieta com trigo e farelo de soja e a dieta com caldo da cana-de-açúcar. Cámara et al. (2014), também verificaram reduções na espessura média de toucinho, quando avaliaram níveis de fibra dietética nas dietas de suínos em crescimento, porém, diferentemente deste estudo, observaram diminuição no rendimento do pernil.

O uso da fibra da cana-de-açúcar nas dietas de suínos em terminação foi positivo sobre as características de qualidade da carne, pois não foram alteradas pelas dietas experimentais. Dentre as características avaliadas, destacam-se o pH, a luminosidade e a perda de água por gotejamento, visto que estão relacionadas com a ocorrência de carne PSE (pálida, mole e exsudativa).

A carne suína é considerada normal quando seu pH inicial (45') for igual ou superior a 5,8 e final (24h) inferior a 6,0 (BRIDI e SILVA, 2007). Assim, os valores de pH, observados no presente estudo, estão dentro dos limites de normalidade. O pH é uma característica de grande influência na qualidade da carne, pois está relacionado com o acúmulo de ácido láctico oriundo das mudanças *Post-mortem*. Este acúmulo de ácido na carne pode modificar a cor, a aparência, o sabor, a textura, e a capacidade de retenção de água da carne (RAMOS e GOMIDE, 2007).

As avaliações da cor, luminosidade (L^*), intensidade de vermelho (a^*) e intensidade de amarelo (b^*), são relevantes, pois fornecem a indicação sobre o grau de maturação ou conservação do alimento (RAMOS e GOMIDE, 2007), além de influenciarem na escolha pelo consumidor. Diferentemente do presente estudo, Fraga et al. (2008) quando incluíram casca de arroz e Watanabe et al. (2010) quando

avaliaram polpa cítrica nas dietas de suínos pesados, observaram diminuições nos teores de vermelho (a^*) da carne. Estes resultados podem ser devido à redução de pigmentos alimentares, como consequência do baixo nível de milho nas dietas, à medida em que aumentaram as inclusões de ingredientes fibrosos.

As perdas por cocção e por gotejamento também são características importantes, pois elevações nas perdas representam diminuições significativas nos pesos das carcaças e dos cortes, além de afetarem o rendimento e a qualidade da carne processada (WOELFEL et al., 2002). Embora Bridi e Silva (2007) tenham indicado que as perdas por gotejamento não devem ser superiores a 5%, os valores observados no presente estudo foram maiores. No entanto, estes resultados foram semelhantes aos observados por Castellini (2015) e Rodrigues (2015), quando avaliaram níveis de fibra dietética insolúvel em dietas para suínos pesados. Em relação às perdas por cocção, os valores também estiveram de acordo com os autores citados acima, com média de 28%.

A força de cisalhamento (FC) é utilizada para avaliar a maciez da carne. Portanto, quanto maior for a FC, há indicação de maior dureza da carne. No presente estudo, não foi observado diferença entre as dietas experimentais, para esta variável. Porém a média dos tratamentos ($1,89 \text{ kgF/cm}^2$) está abaixo dos encontrados por Watanabe et al. (2010), que observaram valores ao redor de $2,83 \text{ kgF/cm}^2$ para suínos abatidos pesados, alimentados com polpa cítrica. Entretanto, está de acordo com Castellini (2015) que encontrou $1,89 \text{ kgF/cm}^2$, quando avaliou farelo de acerola para suínos abatidos pesados.

A composição em ácidos graxos da carne está relacionada a vários aspectos de sua qualidade, incluindo a maciez, a vida de prateleira e, de forma indireta e menos intensa, a gordura da carne, principalmente os lipídeos intramusculares, que influenciam o grau de maciez e o sabor da carne (RAMOS e GOMIDE, 2007).

Os ácidos graxos saturados são considerados hipercolesterolêmicos e os mais preocupantes são mirístico, láurico e palmítico (BRAGAGNOLO, 2002). Já o ácido oleico tem ação hipocolesterêmica, com a vantagem de não reduzir o colesterol bom (HDL). O aumento no teor de ácidos graxos poli-insaturados da família n-3, como ácido linoleico e alfa linolênico, são benéficos, pois estes não podem ser produzidos pelo organismo humano, os quais devem ser oriundos da dieta. Estes ácidos atuam

na prevenção e tratamento de doenças cardiovasculares, hipertensão e inflamações em geral (SUÁREZ-MAHECHA et al., 2002). Porém, no presente estudo, a composição em ácidos graxos não foi afetada pela inclusão de fibra da cana-de-açúcar às dietas. Da mesma forma, Fraga et al. (2009b) não verificaram efeito das dietas com inclusão de casca de arroz, como fonte de fibra insolúvel, no perfil de ácidos graxos da carne de suínos abatidos pesados.

5. CONCLUSÃO

A utilização de fibra da cana-de-açúcar, como diluente de energia nas dietas de suínos pesados, melhora a qualidade das carcaças reduzindo a espessura de toucinho e aumentando a relação carne/gordura, porém diminui a quantidade de carne magra sem afetar o rendimento e os parâmetros da qualidade de carne.

6. AGRADECIMENTOS

À FAPESP pelo financiamento da pesquisa, PROCESSO 2012/18488-7 e pela concessão da bolsa de Doutorado, PROCESSO 2012/13164-9.

A DILUMIX- pela doação da fibra da cana-de-açúcar.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCS. Associação Brasileira de Criadores de Suínos. **Método Brasileiro de Classificação de Carcaças**. Estrela: ABCS, 1973. 17p. (Publicação Técnica nº 2).

AOAC. **Official methods of analysis of the Association Analytical Chemists**. 18.ed. Gaithersburg, Maryland, 2005.

BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry Physiology**, v. 37, p. 911-917, 1959.

BOCCARD, R.; BUCHTER, L.; CASSELS, E. Proceedings for measuring meat quality characteristics in beef production experiments. **Livestock Production Science**, v. 8, n. 3, p.385-397, 1981.

BOHAC, C. E.; RHEE, K. S.; CROSS, H. R.; ONO, K. Assessment of methodologies for colorimetric cholesterol assay of meats. **Journal of Food Science**, v. 53, p. 1642, 1988.

BRAGAGNOLO, N.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Teores de colesterol, lipídios totais e ácidos graxos em cortes de carne suína. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 22, p. 98-104, 2002.

BRAGAGNOLO, N.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Teores de colesterol em carne suína e bovina e efeito do cozimento. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.15, n.1, p.11-17, 1995.

BRIDI, A. M.; SILVA, C. A. **Métodos de avaliação da carcaça e da carne suína**. Londrina: Midiograf, 97p. 2007.

CÁMARA, L; BERROCOSO, J. D; SÁNCHEZ, J. L; LÓPEZ-BOTE, C. J; MATEOS, G.G. Influence of net energy content of the diets on productive performance and carcass merit of gilts, boars and immunocastrated males slaughtered at 120 kg BW. **Meat Science**. v. 98, n. 4, p.773-780.2014.

CASTELINI, F. R. **Farelo de acerola em programa de restrição alimentar para suínos pesados**. 2015. xii, 112 p. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2015.

DA SILVA, C. S.; VAN DEN BORNE, J.J.; GERRITS, W. J.; KEMP, B.; BOLHUIS, J. E. Effects of dietary fibers with different physicochemical properties on feeding motivation in adult female pigs. **Physiology & Behavior**, v. 107, p.218-230, 2012.

FACCO, E. T. S. Valorização da carcaça suína e suas implicações na cadeia produtiva de suínos. **Porkworld**, Campinas, v.2, n.11, p. 23, 2003.

FRAGA, A. L.; THOMAZ, M. C.; KRONKA, R. N.; BUDIÑO, F. E. L.; HUAYNATE, R. A. R.; SCANDOLERA, A. J.; RUIZ, U. S.; NADAI, A. Qualitative feed restriction for heavy swines: effect on digestibility and weight of organs of digestive tract, and environmental impact of feces. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 61, n. 6, p. 1353-1363, 2009a.

FRAGA, A. L.; THOMAZ, M. C.; KRONKA, R. N.; BUDIÑO, F. E. L.; HUAYNATE, R. A. R.; SCANDOLERA, A. J.; RUIZ, U. S.; D'ANGELIS, F. H. F. Qualitative feed restricted heavy swine: meat quality and morpho-histochemical characteristics of muscle fibers. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 52, n. 5, p. 1145-1156, 2009b.

FRAGA, A. L.; THOMAZ, M. C.; KRONKA, R. N.; BUDIÑO, F. E. L.; HUAYNATE, R. A. R.; MALHEIROS, E. B. Restrição alimentar qualitativa para suínos com elevado peso de abate. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 5, p. 869-875, 2008.

GIGER-REVERDIN, S. et al. Assessment of nutritional characteristics of conventional and non-conventional feedstuffs for small ruminants using physical, chemical and in vitro methods. In BEN SALEM, H.; NEFZAOU, A.; MORAND-FEHR P. **Nutrition and feeding strategies of sheep and goats under harsh climates**. Zaragoza: Ciheamlamz, 2004. p. 111-118.

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

GRIESHOP, C. M.; REESE, D. E.; FAHEY JUNIOR, G.C. Nonstarch polysaccharides and oligosaccharides in swine nutrition. In: LEWIS, A. J.; SOUTHERN, L. L. **Swine nutrition**. 2001. p.107-120.

GUIDONI, A. L. Melhoria de processos para a tipificação e valorização de carcaças suínas no Brasil. **Conferência Internacional Virtual sobre Qualidade de Carne Suína, 1**, Concórdia – SC, 2000.

HAMM, R; BECHTEL, P. J. Functional properties of the miofibrillar system and their measurement. In: *Muscle as Food* Academic Press, p. 135-199.1986.

LYON, C. E; LYON, B. G.; DICKENS, J. A. Effects of carcass stimulation, deboning time, and margination on color and texture of broiler breast meat. **Journal of Applied Poultry Reserch**, v. 7, n. 1, p.53-60. 1998.

MINOLTA. **Precise color communication: color control from perception to instrumentation** [Japan: Minolta] p.19. 1998.

MOREIRA, I.; VOORRSLUYS, T.; MARTINS, R. M.; PAIANO, D.; FURLAN, A. C.; SILVA, M. A. A. Efeitos da restrição energética para suínos na fase final de terminação sobre o desempenho, características de carcaça e poluição ambiental. **Acta Scientarum: Animal Science**. v. 29, n. 179-185, 2007.

PIKUL, J.; LESZCZYNSKY, D. E.; KUMMERROW, F. A. Evaluation of tree modified TBA methods for measuring lipid oxidation in chicken meat. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 37, n. 5, p.1309-1313, 1989.

POND, W. G.; JUNG, H. G.; VAREL, V. H. Effect of dietary fiber on young genetically lean, obese and contemporary pigs: body weight, carcass measurements, organ weights and digesta content. **Journal of Animal Science**, v. 66, n. 3, p. 699- 706. 1988.

RAMOS, E. M.; GOMIDE, L. A. M. **Avaliação da qualidade de carnes: Fundamentos e Metodologias**. Viçosa, MG, Ed. UFV, 2007, 599p.

RODRIGUES, D. J. **Níveis e tipos de fibra dietética para suínos pesados em restrição alimentar qualitativa**. 2015. xi, 101 p. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2015.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; FERREIRA, A. S.; OLIVEIRA, R. F.; LOPES, D. C.; BARRETO, S. L. T.; EUCLIDES, R. F. **Tabelas Brasileiras para Aves e Suíno: Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais**. Viçosa, MG: UFV, 3ed., 2011, 252p.

RSPCA. **RSPCA Welfare Standards for Pigs**. RSPCA/Freedom Food, Horsham,UK, 2010.

SHIMOKOMAKI, M. Princípios da qualidade da carne. **In: SIMPÓSIO DE QUALIDADE DA CARNE**, 1, 2003, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: FUNEP, 2003. 1 CD-ROOM.

SUÁREZ-MAHECHA, H.; FRANCISCO, A.; BEIRÃO, L.H.; BLOCK, J. M.; SACCOL, A.; PARDO-CARRASCO, S. Importância de ácidos graxos poliinsaturados presentes em peixes de cultivo e de ambiente natural para a nutrição humana. **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, 28(1) p.101-102, 2002.

WATANABE, P. H.; THOMAZ, M. C.; RUIZ, U. S.; SANTOS, V. M.; MASSON, G. C. I.; FRAGA, A. L.; PASCOAL, L. A. F.; ROBLES-HUAYNATE, R. A.; SILVA, S. Z. Carcass characteristics and meat quality of heavy swine fed different citrus pulp levels. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 62, n. 4, p.921-929, 2010.

WOELFEL, R. L.; OWENS, C. M.; HIRSCHILER, E. M.; MARTINEZ-DAWSON, R.; SAMS, A. R The characterization and incidence of pale, soft, and exudative broiler meat in a commercial processing plant. **Poultry Science**. v. 81, ed. 4, p.579-584, 2002.

XANDÉ, X.; DESPOIS E.; GIORGI, M.; GOURDINE, J.L.; ARCHIMÉDE H.; RENAUDEAU, D. Influence of sugar cane diets and high fibre commercial diet on growth and carcass performance in local caribben pigs. **Asian-Australian Journal Animal Science**. v. 22, n. 01, p.90-98, 2009.

CAPÍTULO 4- Fibra da cana-de-açúcar em dietas para suínos em terminação sobre as características das fezes e o potencial de produção de biogás

RESUMO: Objetivou-se com o presente estudo avaliar os efeitos da utilização da fibra da cana-de-açúcar em dietas para suínos em terminação, sobre composição e características das fezes e o potencial de produção de biogás. Foram utilizados 50 suínos, com peso inicial de $79,33 \pm 6,22$ e final de $123,37 \pm 11,18$ kg, alocados num delineamento em blocos casualizados, com cinco dietas experimentais (0, 5, 10, 15 e 20% de fibra da cana-de-açúcar) e dez repetições. Para avaliação das características das fezes, determinou-se os teores de sólidos totais e voláteis, macro e microminerais, posteriormente, estimou-se as suas excreções. Para a análise do potencial de produção do biogás, utilizou-se 40 biodigestores tipo batelada, abastecidos em duas fases, vinte quando os animais atingiram $97,44 \pm 6,93$ kg e os demais ao final do experimento ($123,37 \pm 11,18$ kg). Observou-se reduções ($P < 0,05$) nos teores de nitrogênio, fósforo, zinco, cobre e ferro, conforme os níveis de fibra da cana-de-açúcar aumentaram nas dietas. Porém, as excreções destes minerais foram maiores ($P < 0,05$) em fezes de animais alimentados com fibra da cana-de-açúcar. No entanto, o volume total de produção de biogás bem como seus potenciais de produção não foram afetados ($P > 0,05$) pelas dietas experimentais. Da mesma forma, a proporção de metano não foi influenciada ($P > 0,05$), mas a proporção de dióxido de carbono foi maior ($P > 0,05$) com a inclusão estimada de 3,5% de fibra. Portanto, a utilização da fibra da cana-de-açúcar na alimentação de suínos em terminação, diminui os teores de minerais nas fezes, mas aumenta as excreções de resíduos, não influenciando nos potenciais de produção de biogás e metano.

Palavras-chave: biodigestores, fibra dietética, metano, minerais

CHAPTER 4- Sugarcane fiber in the diets for finishing pigs on characteristics of feces and biogas production potential

ABSTRACT: The aim of this study was to evaluate the effects of sugarcane fiber in diets for finishing pigs on composition and characteristics of feces and biogas production potential. Fifty barrows were assigned by initial weight of 79.33 ± 6.22 kg, allocated in a randomized block design with five experimental diets (0, 5, 10, 15 and 20% sugarcane fiber) and ten replications. For evaluation of characteristics of the feces, total solids, volatile solids, macro and microminerals were determined in feces subsequently estimated to their excretions. For the analysis of biogas production potential, forty batch digesters supplied in two phases, 20 when the pigs were 97.44 ± 6.93 kg and the other at the end of the experiment (123.37 ± 11.18 kg). It was observed reductions ($P < 0.05$) in nitrogen, phosphorus, zinc, copper and iron, as sugarcane increased levels of fiber in the diets. However, the excretions of these minerals were higher ($P < 0.05$) in animal feces fed sugarcane fiber. However, the total volume of biogas production as well as their potential production were not affected ($P > 0.05$) by the experimental diets. Likewise, the proportion of methane was not affected ($P > 0.05$), but the proportion of carbon dioxide was higher ($P > 0.05$) with the inclusion of 3.5% fiber. Therefore, the use of sugarcane fiber in the diets for finishing pigs decrease the mineral in the feces, but increase waste excretions, and does not influence the production potential of biogas and methane.

Key-words: biodigester, dietary fiber, methane, minerals

1. INTRODUÇÃO

A atividade suinícola destaca-se não só pela sua qualidade técnica e alta produtividade, como também, quando se trata de meio ambiente, como atividade com elevado potencial de poluição (CAMPOS et al., 2005). Por produzir grandes quantidades de resíduos com altas cargas de nutrientes como, nitrogênio e fósforo, e metais pesados, como cobre e zinco que, quando não manejados adequadamente, podem ocasionar a contaminação de rios, solos e do ar (KUNZ et al., 2005). Assim, a nutrição pode ser uma aliada na estratégia de reduzir a excreção de minerais ao meio ambiente.

A produção de suínos pesados tem sido praticada por indústrias, exigindo modificações no manejo nutricional na fase de terminação, com a inclusão de ingredientes fibrosos, para otimização da produção de carne magra. Porém, a eficiência alimentar nessa última fase de produção diminui, assim o aproveitamento dos nutrientes reduz e a excreção de resíduos aumenta. Adicionalmente, a fibra devido ao seu baixo aproveitamento pelos animais e à menor densidade energética pode aumentar a produção de fezes e alterar a sua composição, bem como, a produção de gases, como o metano.

Fraga et al. (2009) observaram reduções nos teores de nitrogênio, fósforo, cálcio e potássio nas fezes dos animais, quando adicionaram até 20% de casca de arroz nas dietas de suínos em terminação, porém a maior produção de fezes causada pela fibra insolúvel presente nas dietas, levou à maior excreção de minerais. Em outro estudo, foi observado redução nos potenciais de produção de biogás e metano, quando foram adicionados níveis de até 27% de farelo de acerola nas dietas de suínos em terminação (CASTELINI, 2015).

Nesse sentido, ressalta-se a importância de conhecer os efeitos dos ingredientes fibrosos sobre o poder de impacto ambiental. Portanto, objetivou-se com o presente estudo avaliar os efeitos da utilização da fibra da cana-de-açúcar em dietas para suínos em terminação, sobre as características e composição das fezes e o potencial de produção de biogás.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os procedimentos experimentais, foram analisados e aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA), da Universidade Estadual Paulista/ Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, sob o Protocolo nº 014859/12. Os animais foram criados de acordo com os princípios éticos na experimentação animal do Colégio Brasileiro de Experimentação (COBEA).

2.1. Instalações, animais e dietas experimentais

Foi conduzido um ensaio de desempenho e digestibilidade nas instalações experimentais do Laboratório de Pesquisas em Suinocultura do Departamento de Zootecnia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias-UNESP, Câmpus de Jaboticabal. Os animais foram alojados em baias individuais com 2,55 m² cada, equipadas com comedouros semi-automáticos e bebedouros do tipo chupeta.

Cinquenta suínos machos castrados de linhagem comercial, com 122 dias de idade e peso inicial de 79,33±6,22kg foram distribuídos nas dietas experimentais segundo o delineamento em blocos ao acaso, formados de acordo com o peso inicial, com cinco dietas experimentais (tratamentos) contendo níveis crescentes de fibra da cana-de-açúcar, e dez repetições, com um animal constituindo a unidade experimental.

As dietas experimentais elaboradas, foram:

- DC - Dieta controle, composta principalmente por milho e farelo de soja;
- D5FC - Dieta contendo 5% de fibra da cana-de-açúcar;
- D10FC - Dieta contendo 10% de fibra da cana-de-açúcar;
- D15FC - Dieta contendo 15% de fibra da cana-de-açúcar;
- D20FC - Dieta contendo 20% de fibra da cana-de-açúcar;

As dietas foram formuladas para atender as exigências indicadas por Rostagno et al. (2011), para suínos de alto potencial genético, em duas fases, sendo: Fase 1: dos 122 (79,33±6,22kg de peso vivo) aos 142 dias de idade (97,44±6,93kg de peso vivo) e fase 2: dos 143 (97,44±6,93kg de peso vivo) aos 175 dias de idade (123,37±11,18kg de peso vivo) (Tabelas 1 e 2). A fonte de fibra da cana-de-açúcar

utilizada foi a Fibercane (Dilumix Industrial LTDA), obtida através de secagem e moagem do bagaço da cana-de-açúcar.

Tabela 1. Composições centesimal, química e energética das dietas fornecidas aos suínos na fase 1, contendo níveis crescentes de fibra da cana-de-açúcar

Ingredientes, %	Dietas Experimentais ¹				
	DC	D5FC	D10FC	D15FC	D20FC
Milho	77,04	71,23	65,30	59,50	53,77
Farelo de soja, 45%	20,38	21,11	21,86	22,60	23,30
Fibra de cana-de-açúcar	-	5,00	10,00	15,00	20,00
Sal comum	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Fosfato bicálcico	0,86	0,90	0,88	0,89	0,90
Calcário calcítico	0,61	0,58	0,60	0,59	0,58
Pré-mistura vit-min. ²	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
L-Lisina, HCl 78%	0,22	0,21	0,20	0,19	0,18
L-Treonina, 98%	0,04	0,04	0,05	0,05	0,06
DL-Metionina, 99%	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05
Inerte	0,36	0,44	0,62	0,68	0,71
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Valores calculados e analisados					
Energia digestível, kcal/kg ⁴	3399	3021	3001	2800	2703
Proteína Bruta, % ⁴	15,53	15,53	15,53	15,53	15,53
Fibra detergente neutro, % ⁴	19,93	20,47	24,11	31,87	41,49
Fibra detergente ácido, % ⁴	3,56	5,81	8,40	11,14	17,11
Fibra dietética solúvel, % ⁴	1,56	1,09	1,64	1,64	2,39
Fibra dietética insolúvel, % ⁴	9,12	10,37	15,31	18,69	23,13
Cálcio, % ³	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51
Cloro, % ³	0,27	0,26	0,26	0,26	0,25
Sódio, % ³	0,16	0,16	0,16	0,16	0,15
Fósforo disponível, % ³	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Lisina digestível, % ³	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83
Metionina digestível, % ³	0,25	0,26	0,25	0,25	0,25
Treonina digestível % ³	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55
Triptofano digestível, % ³	0,15	0,15	0,15	0,16	0,16

¹DC dieta controle; D5FC, D10FC, D15FC e D20FC: 5, 10, 15 e 20% de fibra da cana-de-açúcar; ²Pré-mistura vitamínico-mineral – quantidade por kg de ração: 50mg de Ácido Fólico, 15mg de Selênio, 1.000mg de Cobre, 1.500mg de Pantotenato de Cálcio, 10mg de Biotina, 2.300mg de Manganês, 40mg de Iodo, 2.000mg de Niacina, 600.000U.I. de Vitamina A, 126mg de Vitamina B1, 1.500µg de Vitamina B12, 334mg de Vitamina B2, 126mg de Vitamina B6, 150.000U.I. de Vitamina D3, 1.300U.I. de Vitamina E, 200mg de Vitamina K, 8.000mg de Zinco, 11.000mg de Ferro, 10mg de Antioxidante (B.H.T.); ³Valores nutricionais dos ingredientes propostos por ROSTAGNO et al. (2011); ⁴Valores analisados.

Tabela 2. Composições centesimal, química e energética das dietas fornecidas aos suínos na fase 2, contendo níveis crescentes de fibra da cana-de-açúcar

Ingredientes, %	Dietas Experimentais ¹				
	DC	D5FC	D10FC	D15FC	D20FC
Milho	80,09	74,61	69,04	63,21	57,48
Farelo de soja, 45%	15,76	16,50	17,06	17,90	18,60
Fibra de cana-de-açúcar	-	5,00	10,00	15,00	20,00
Óleo de Soja	0,50	0,25	0,25	0,25	0,25
Sal comum	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32
Fosfato bicálcico	0,80	0,81	0,82	0,83	0,84
Calcário calcítico	0,57	0,57	0,56	0,55	0,55
Pré-mistura vit-min. ²	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
L-Lisina, HCl 78%	0,26	0,25	0,24	0,23	0,25
L-Treonina, 98%	0,05	0,05	0,06	0,06	0,06
DL-Metionina, 99%	0,03	0,04	0,04	0,04	0,05
L-Triptofano, 98%	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
Inerte	0,51	0,50	0,51	0,51	0,50
Celite 545®	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Valores calculados e analisados					
Energia digestível, kcal/kg ⁴	3399	3019	3002	2791	2698
Proteína Bruta, % ⁴	13,45	14,42	14,45	13,30	13,19
Fibra detergente neutro, % ⁴	22,01	22,65	26,44	34,92	44,50
Fibra detergente ácido, % ⁴	3,94	6,43	9,21	12,21	18,35
Fibra dietética solúvel, % ⁴	1,73	1,20	1,80	1,80	2,57
Fibra dietética insolúvel, % ⁴	10,07	11,48	16,79	20,48	24,81
Cálcio, % ³	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47
Cloro, % ³	0,25	0,24	0,24	0,24	0,23
Sódio, % ³	0,15	0,15	0,14	0,14	0,14
Fósforo disponível, % ³	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23
Lisina digestível, % ³	0,75	0,75	0,75	0,75	0,77
Metionina digestível, % ³	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23
Treonina digestível, % ³	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Triptofano digestível, % ³	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13

¹DC dieta controle; D5FC, D10FC, D15FC e D20FC: 5, 10, 15 e 20% de fibra da cana-de-açúcar; ²Pré-mistura vitamínico-mineral – quantidade por kg de ração: 50mg de Ácido Fólico, 15mg de Selênio, 1.000mg de Cobre, 1.500mg de Pantotenato de Cálcio, 10mg de Biotina, 2.300mg de Manganês, 40mg de Iodo, 2.000mg de Niacina, 600.000U.I. de Vitamina A, 126mg de Vitamina B1, 1.500µg de Vitamina B12, 334mg de Vitamina B2, 126mg de Vitamina B6, 150.000U.I. de Vitamina D3, 1.300U.I. de Vitamina E, 200mg de Vitamina K, 8.000mg de Zinco, 11.000mg de Ferro, 10mg de Antioxidante (B.H.T.); ³Valores nutricionais dos ingredientes propostos por ROSTAGNO et al. (2011); ⁴Valores analisados.

2.2. Composição e características das fezes

Durante o ensaio de desempenho, quando os animais apresentavam 143 dias de idade, foram colhidas amostras de fezes diretamente do reto dos animais, duas vezes ao dia, por três dias. Posteriormente as amostras foram colocadas em sacos plásticos, devidamente identificados e, em seguida, armazenados em freezer a -8 °C, até o momento das análises. No final do experimento, as mesmas foram descongeladas e submetidas à pré-secagem em estufa de ventilação forçada a 55°C, por 72 horas, e moídas em moinho estacionário tipo Thomas-Wiley, dotado de peneira com crivos de 1mm. Posteriormente foram determinados os teores de sólidos totais (ST), por meio de secagem em estufa a 105°C durante 12 horas, matéria mineral (MM), em mufla a 550°C durante 2,5 horas, e sólidos voláteis (SV), calculados pela diferença entre sólidos totais e matéria mineral (MASSÉ et al., 2003).

As amostras de fezes foram submetidas à digestão por ácido sulfúrico e peróxido de hidrogênio, para as determinações dos teores de macro e microminerais. Foram determinados os teores de nitrogênio (N) pelo método Kjeldhal; fósforo (P) pelo método colorimétrico vanadato-molibidênio (SARRUGE; HAAG, 1974); potássio (K), cálcio (Ca), sódio (Na), magnésio (Mg), cobre (Cu), ferro (Fe), zinco (Zn) e manganês (Mn) pela leitura em aparelho de absorção atômica (BATAGLIA et al., 1993). Os teores de minerais foram convertidos em base da matéria seca de fezes.

As determinações do indicador externo (Celite 545®) nas dietas e nas fezes foram efetuadas por meio de digestão das amostras em ácido clorídrico 4N, sob aquecimento, durante 45 minutos, filtragem do resíduo em papel de filtro quantitativo e, finalmente, incineração dos filtros e resíduos retidos, em forno tipo mufla a 500 °C por quatro horas, conforme método adaptado de Van Keulen e Young (1977).

A partir dos dados de sólidos totais e teores de minerais foram estimadas as excreções (E) de resíduos pelas fezes dos animais em matéria seca (E-MS), matéria mineral (E-MM), sólidos totais (E-ST), sólidos voláteis (E-SV), nitrogênio (E-N), fósforo (E-P), potássio (E-K), cálcio (E-Ca), sódio (E-Na), magnésio (E-Mg), zinco (E-Zn), cobre (E-Cu), ferro (E-Fe) e manganês (E-Mn).

Considerando-se o consumo das dietas (durante a segunda fase experimental de desempenho) pelos animais e o fator de indigestibilidade determinado através da equação proposta por Sakomura e Rostagno, 2007:

FI = Celite dieta/Celite fezes

Em que: FI= fator de indigestibilidade

Foram calculadas as excreções de fezes, na base seca de acordo com a seguinte fórmula, adaptada de Berchielli et al. (2005):

Excreção de MS fecal (kg)= consumo de MS (kg) x FI

As excreções dos resíduos de macro e microminerais nas fezes foram obtidas utilizando-se a seguinte fórmula:

Excreção de resíduos (g)=
$$\frac{\text{excreção de MS fecal} \times \text{minerais nas fezes (\%)}}{100}$$

Em que:

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

A partir destes dados foram calculadas as excreções médias de MM, macro e microminerais, nas fezes dos animais por dieta experimental, dos $97,44 \pm 6,93\text{kg}$ aos $123,37 \pm 11,18\text{kg}$ de peso vivo.

2.3. Determinação do volume de biogás e cálculo dos potenciais de produção

Foram colhidas fezes dos animais, do piso das baias, tomando-se o cuidado de colher aquelas que não encontravam-se contaminadas com urina ou ração e, a partir desse material, preparou-se os substratos para abastecimento dos biodigestores, utilizando-se água para diluição.

Utilizou-se 40 biodigestores tipo batelada, com 60 centímetros de altura e capacidade para 2 litros de substrato (Figura 1). Dentre estes, vinte foram abastecidos quando os animais atingiram $97,44 \pm 6,93\text{kg}$ e os demais ao final do experimento ($123,37 \pm 11,18\text{kg}$). Estas duas fases foram necessárias, pois houve mudanças nas exigências dos animais e, conseqüentemente, a ração fornecida foi modificada. Em cada fase, quatro biodigestores foram abastecidos por dieta experimental.

Os biodigestores foram abastecidos com 4% de ST, sendo 15% de seu volume composto por inóculo previamente preparado, a partir de fezes de suínos. O processo de biodigestão durou 31 semanas.

Para a determinação dos volumes de biogás produzidos, foi medido o deslocamento vertical dos gasômetros semanalmente. Após cada leitura, os gasômetros eram zerados, utilizando-se o registro de descarga do biogás.

Conforme descrito por Santos (2001), para a correção do volume de biogás, utilizou-se a seguinte expressão resultante da combinação das leis de Boyle e Gay-Lussac:

$$(V_0 P_0) / T_0 = (V_1 P_1) / T_1;$$

Em que:

V_0 = volume de biogás corrigido, m^3 ;

P_0 = pressão corrigida do biogás, 10.322,72 mm de H_2O ;

T_0 = temperatura corrigida do biogás, 293,15 K;

V_1 = volume do gás no gasômetro;

P_1 = pressão do biogás no instante da leitura, 9.652,10 mm de H_2O ;

T_1 = temperatura do biogás, em K, no instante da leitura.

A partir dessa equação, obteve-se o volume de biogás acumulado (m^3) durante 214 dias.

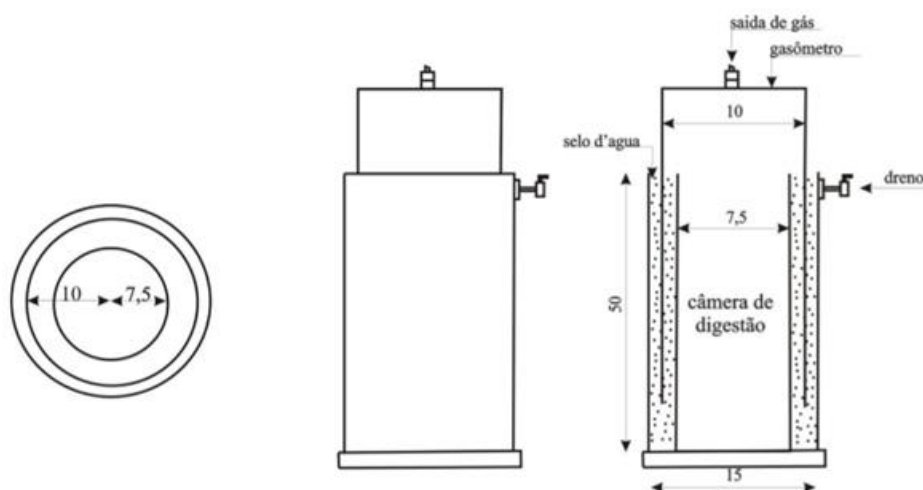


Figura 1. Biodigestor tipo batelada de bancada (PRAES, 2013).

Os teores de ST e SV das amostras coletadas de afluente e efluente durante o ensaio de biodigestão anaeróbia foram determinados segundo metodologia descrita

por Apha (1995). As amostras foram submetidas à pré-secagem em estufa com circulação de ar forçada a 55°C durante 72 horas. Posteriormente, foram secas em estufa com circulação a 105°C durante 12 horas, para determinação dos teores de ST. O teor de SV foram obtidos com a queima das amostras em forno mufla a 580°C durante 2,5 horas.

Os potenciais de produção de biogás foram calculados, após a abertura dos biodigestores, utilizando-se os dados de produção de biogás acumulado e as quantidades de substrato (fezes *in natura*), de ST e SV adicionados nos biodigestores, além das quantidades de ST e SV reduzidos durante o processo de biodigestão anaeróbia. Os valores foram expressos em m³ de biogás/kg de ST e SV adicionados e reduzidos.

2.4. Análise da composição do biogás produzido

As análises da composição do biogás foram realizadas para determinação dos teores de metano (CH₄), dióxido de carbono (CO₂) e de outros gases. As amostras de biogás de cada um dos biodigestores, foram colhidas por meio de seringas plásticas com volume de 60mL cada.

As determinações foram feitas por meio de um cromatógrafo de fase gasosa da marca FINNINGAN GC 2001, equipado com colunas Porapack Q, Peneira Molecular 5A e detector de condutividade térmica, utilizando o hidrogênio como gás de arraste. A calibração do equipamento foi feita com gás padrão contendo 55,4% de metano e 35,1% de dióxido de carbono. Os percentuais dos componentes foram determinados com o auxílio de um integrador processador.

2.5. Delineamento experimental e análises estatísticas

Os dados foram analisados utilizando-se o delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e oito repetições. Realizou-se a análise de variância dos dados, por meio do procedimento PROC MIXED no programa estatístico SAS 9.3 (2012). Os dados foram submetidos aos testes de normalidade dos erros e homocedasticidade das variâncias, bem como, identificados e excluídos, das análises, os valores outliers. As variáveis analisadas foram testadas quanto aos efeitos linear e quadrático, por meio de contrastes ortogonais, a 5% de probabilidade.

3. RESULTADOS

A inclusão de fibra da cana-de-açúcar nas dietas dos suínos reduziu ($P < 0,05$) os teores de sólidos totais ($y = -1,83 + 34,13x$; $R^2 = 0,97$) e matéria mineral ($y = -1,92x + 21,81$; $R^2 = 0,79$), mas não afetou ($P > 0,05$) os teores de sólidos voláteis (Tabela 3).

Tabela 3. Valores médios e erro padrão da média (EPM), dos componentes das fezes de suínos alimentados com diferentes níveis de fibra da cana-de-açúcar nas dietas

Componentes	Dietas experimentais					EPM	Contraste polinomial	
	DC	D5FC	D10FC	D15FC	D20FC		P	Efeito
ST, % ¹	32,48	30,83	27,93	26,49	25,49	0,47	<0,01	Linear
SV, % ¹	11,49	13,00	12,28	12,20	12,81	0,51	0,55	-
MM, % ¹	20,34	17,82	15,65	13,80	12,63	0,43	<0,01	Linear
Macrominerais								
Nitrogênio, %	3,02	2,64	2,32	2,10	2,03	0,60	<0,01	Linear
Fósforo, %	2,02	1,72	1,40	1,21	0,98	0,06	<0,01	Linear
Cálcio, %	3,51	2,91	2,39	2,37	3,48	0,14	0,07	-
Potássio, %	1,89	1,97	2,35	2,37	2,12	0,07	<0,01	Linear
Sódio, %	0,46	0,49	0,44	0,43	0,39	0,03	0,33	-
Magnésio, %	1,00	0,63	0,64	0,70	1,20	0,04	0,01	Quadrático
Microminerais								
Zinco, ppm	908,27	261,04	277,06	341,67	362,64	49,25	<0,01	Quadrático
Cobre, ppm	264,03	104,42	129,87	134,58	171,79	6,09	<0,01	Quadrático
Ferro, ppm	2769,78	1285,71	1730,92	1779,17	1835,50	60,77	<0,01	Quadrático
Manganês, pm	510,79	262,50	285,71	269,08	296,70	12,20	<0,01	Quadrático

¹ST- sólidos totais; SV-sólidos voláteis; MM- matéria mineral.

Os teores de minerais nas fezes também foram influenciados pelas dietas com adição de fibra. Houve aumento linear para o potássio ($y = 0,09x + 1,88$; $R^2 = 0,40$), porém, reduções lineares ($P < 0,05$) foram observadas nas concentrações de nitrogênio ($y = -0,25x + 3,17$; $R^2 = 0,94$) e fósforo ($y = -0,26x + 2,24$; $R^2 = 0,99$) à medida em que os níveis de fibra da cana-de-açúcar aumentaram nas dietas. Além disso, houve efeito quadrático ($P < 0,05$) nas porcentagens magnésio ($y = 0,13x^2 - 0,72x + 1,61$; $R^2 = 0,97$), zinco ($y = 98,92x^2 - 694,63x + 1425,8$; $R^2 = 0,81$), cobre ($y = 26,63x^2 - 175,25x + 393,68$; $R^2 = 0,78$), ferro ($y = 191,70x^2 - 1287,70x + 3634,7$; $R^2 = 0,90$) e

manganês ($y = 36,57x^2 - 261,58x + 707,43$; $R^2 = 0,83$) quando os níveis de fibra da cana-de-açúcar aumentaram, sendo os menores teores estimados destes minerais, com as inclusões de 2,76; 3,51; 3,29; 3,36 e 3,60, respectivamente, de fibra da cana-de-açúcar nas dietas (Tabela 3).

A maioria dos resíduos nas fezes dos animais sofreram efeito dos níveis de fibra da cana-de-açúcar nas dietas (Tabela 4).

Tabela 4. Valores médios e erro padrão da média (EPM), das excreções (E) de resíduos das fezes de suínos alimentados com diferentes níveis de fibra da cana-de-açúcar nas dietas

Resíduos ¹ (g)	Dietas experimentais					EPM	Contraste polinomial	
	DC	D5FC	D10FC	D15FC	D20FC		P	Efeito
E-ST	4105,43	7282,42	7331,38	6826,99	6787,87	148,02	<0,01	Quadrática
E-SV	3264,56	6084,10	6094,23	5863,21	5827,17	142,01	<0,01	Quadrática
EMM	1018,33	1344,86	1182,84	1015,06	909,86	53,47	<0,01	Quadrática
Macrominerais								
E-N	144,40	202,83	179,94	154,522	149,30	9,51	<0,01	Quadrática
E-P	93,36	132,90	108,02	90,59	73,42	6,96	<0,01	Quadrática
E-Ca	166,81	223,36	183,51	174,74	271,32	14,00	0,05	-
E-Na	22,19	38,10	33,77	32,07	29,31	2,59	<0,01	Quadrática
E-K	89,24	179,72	176,65	156,85	152,48	9,22	<0,01	Quadrática
E- Mg	47,44	60,99	48,38	47,13	74,77	3,28	0,06	-
Microminerais								
E-Zn	0,12	0,08	0,07	0,06	0,06	0,008	0,01	Linear
E-Cu	0,36	0,32	0,30	0,26	0,25	0,014	<0,01	Linear
E-Fe	0,38	0,42	0,42	0,43	0,35	0,014	0,06	-
E-Mn	0,07	0,06	0,06	0,07	0,08	0,002	0,07	-

¹ST-sólidos totais; SV-sólidos voláteis; MM- matéria mineral; N- nitrogênio; P-fósforo; Ca-cálcio; Na- sódio; K-potássio; Mg- magnésio; Zn-zinco; Cu-cobre; Fe-ferro; Mn-manganês.

Reduções lineares ($P < 0,05$) foram observadas para excreções de zinco ($y = -0,014x + 0,12$; $R^2 = 0,79$) e cobre ($y = -0,028x + 0,38$; $R^2 = 0,97$). Houve efeito quadrático ($P < 0,05$) para as excreções de sólidos totais ($y = -498,97x^2 + 3484,76x + 1501,20$; $R^2 = 0,81$) e voláteis ($y = -425,16x^2 + 3041,42 + 979,20$; $R^2 = 0,84$), matéria mineral ($y = -61,67x^2 + 314,06x + 832,49$; $R^2 = 0,72$), nitrogênio ($y = -9,17x^2 + 50,95x + 114,60$; $R^2 = 0,56$), fósforo ($y = -7,66x^2 + 37,75x + 70,81$; $R^2 = 0,74$), sódio ($y = -2,47x^2 + 15,69x + 11,27$; $R^2 = 0,66$) e potássio ($y = -14,74x^2 + 98,83x + 16,69$; $R^2 = 0,99$), quando os níveis

de fibra da cana-de-açúcar aumentaram nas dietas. Os maiores teores estimados foram estimados com as inclusões de 3,49; 3,57; 2,54; 2,78; 2,46; 3,17 e 3,35 para sólidos totais, sólidos voláteis, matéria mineral, nitrogênio, fósforo, sódio e potássio, respectivamente. Os demais minerais não sofreram efeito ($P>0,05$) das dietas experimentais.

A produção total de biogás, bem como as produções de biogás por quilograma de fezes *in natura*, sólidos totais e voláteis adicionados não foram afetadas ($P>0,05$) pela inclusão de fibra da cana-de-açúcar nas dietas (Tabela 5).

Tabela 5. Valores médios e erro padrão da média (EPM), do volume total de biogás produzido e os potenciais de produção de biogás e metano, para sólidos totais (ST) e voláteis (SV) adicionados aos biodigestores e quantidades de ST e SV reduzidos no processo de biodigestão anaeróbia

Variáveis	Dietas experimentais					EPM	Contraste polinomial	
	DC	D5FC	D10FC	D15FC	D20FC		P	Efeito
Biogás volume total (m ³)	0,121	0,146	0,133	0,125	0,128	0,009	0,06	-
Biogás/kg de fezes <i>in natura</i>	0,47	0,57	0,57	0,53	0,54	0,04	0,11	-
Biogás/kg de ST adicionados	1,70	1,84	1,81	1,81	1,90	0,14	0,61	-
Biogás/kg de SV adicionados	2,35	2,36	2,20	2,25	2,45	0,15	0,53	-
Biogás/kg de SV reduzidos	4,17	2,95	3,38	3,68	4,02	0,26	<0,01	Quadrática
Metano/kg de fezes <i>in natura</i>	0,36	0,44	0,45	0,42	0,42	0,03	0,12	-
Metano/kg de ST adicionados	1,19	1,43	1,42	1,43	1,48	0,12	0,15	-
Metano/kg de SV adicionados	0,29	0,33	0,31	0,32	0,34	0,02	0,65	-
Metano/kg de SV reduzidos	2,93	2,62	2,32	2,92	3,14	0,22	0,07	-
ST reduzidos, %	66,25	41,93	55,11	59,10	62,39	0,005	<0,01	Quadrática
SV reduzidos, %	56,27	69,11	74,55	60,96	60,92	0,003	<0,01	Quadrática

Porém, houve efeito quadrático ($P<0,05$) para a produção de biogás por quilograma de sólidos voláteis reduzidos ($y = 0,21x^2 - 1,23x + 5,00$; $R^2 = 0,67$), com o

menor valor estimado com a inclusão de 3,0% de fibra da cana-de-açúcar. As produções de metano por quilograma de fezes in natura, sólidos totais e voláteis adicionados e sólidos voláteis reduzidos, não foram influenciadas ($P>0,05$) pelas dietas experimentais. No entanto, efeitos quadráticos ($P<0,05$) foram observados para as porcentagens de sólidos totais reduzidos ($y = 4,22x^2 - 25,74x + 87,68$; $R^2 = 0,72$) e sólidos voláteis reduzidos ($y = -2,81x^2 + 16,43x + 45,97$; $R^2 = 0,52$), sendo que menor teor de sólidos totais reduzidos foi estimado com inclusão de 2,86% de fibra e o maior teor de sólidos voláteis reduzidos com a inclusão de 2,92% de fibra da cana-de-açúcar.

A quantidade de metano produzida pelas fezes de suínos alimentados com níveis de fibra da cana-de-açúcar, não foi influenciada ($P>0,05$) pelas dietas experimentais, Porém houve efeito quadrático ($P<0,05$) na quantidade de dióxido de carbono ($y = -0,00065x^2 + 0,00442x + 0,01814$; $R^2=0,38$), com maior quantidade estimada com a inclusão de 3,4% de fibra da cana-de-açúcar (Tabela 6),

Tabela 6, Valores médios e erro padrão da média (EPM), do volume total e composição do biogás produzido de fezes de suínos alimentados com fibra da cana-de-açúcar

Variáveis (m ³)	Dietas experimentais					EPM	Contraste polinomial	
	DC	D5FC	D10FC	D15FC	D20FC		P	Efeito
Biogás volume total	0,121	0,146	0,133	0,125	0,128	0,009	0,06	-
Metano (CH ₄)	0,084	0,105	0,105	0,099	0,099	0,007	0,12	-
Dióxido de carbono (CO ₂)	0,020	0,027	0,025	0,023	0,025	0,002	0,03	Quadrático

O comportamento da produção de biogás durante os 214 dias experimentais pode ser observado a figura 2. Os picos de produção do biogás ocorreram no mesmo período para a maioria dos biodigestores. Porém, os maiores picos foram observados em biodigestores abastecidos com fezes de animais alimentados com a dieta controle, seguido da dieta com 10% de fibra.

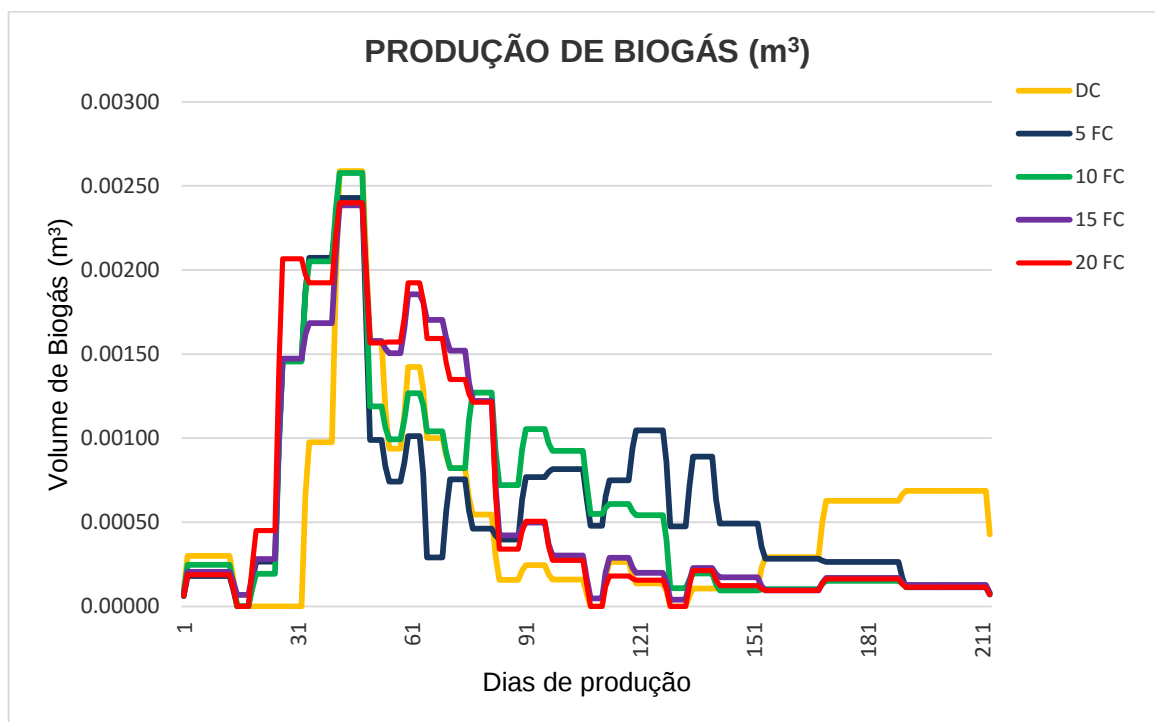


Figura 2. Produção de biogás em 214 dias, dos biodigestores abastecidos com fezes de suínos, alimentados com diferentes níveis de fibra da cana-de-açúcar nas dietas.

4. DISCUSSÃO

A utilização da fibra da cana-de-açúcar nas dietas de suínos em terminação foi eficiente na redução dos teores de alguns minerais nas fezes, como o nitrogênio e fósforo que reduziram em 32,8 e 51,5%, respectivamente, quando os níveis de fibra aumentaram em até 20%, enquanto para os teores de zinco, cobre e ferro as maiores reduções (71,25; 60,45 e 53,58, respectivamente) nas fezes foram estimadas quando incluiu 3,5% de fibra da cana-de-açúcar nas dietas. Por outro lado, os teores de sólidos voláteis e potássio aumentaram em 11 e 12,17%, respectivamente, com a inclusão do maior nível de fibra da cana-de-açúcar,

Resultados semelhantes ao do presente estudo, foram relatados por Fraga et al. (2009) que observaram aumento nos teores de sólidos voláteis, e reduções nos teores de nitrogênio e fósforo, quando avaliaram a inclusão da casca de arroz (0, 5, 10, 15 e 20%), como fonte de fibra insolúvel, nas dietas de suínos abatidos pesados. Porém, as maiores reduções encontradas pelos autores, para zinco, cobre e ferro,

foram com as inclusões entre 15 e 20% de casca de arroz. Em contrapartida, a inclusão de fibra insolúvel, por meio de celulose purificada (15,5; 20; 25 e 30%) para suínos abatidos pesados, reduziu os teores de fósforo, cobre e ferro, mas aumentou os teores de nitrogênio nas fezes dos animais (RODRIGUES, 2015), diferentemente dos resultados encontrados no presente estudo.

As excreções fecais de minerais sofreram comportamento diferente em comparação às suas concentrações citadas anteriormente, quando a fibra da cana-de-açúcar foi utilizada nas dietas. As excreções de sólidos totais, sólidos voláteis, nitrogênio, fósforo, sódio e potássio, aumentaram nas fezes conforme os níveis de fibra da cana-de-açúcar elevaram nas dietas de suínos, sendo que as maiores excreções estimadas ocorreram com a inclusão de fibra da cana-de-açúcar ao redor de 3%. Este aumento correspondeu a 77, 86, 40, 41, 71 e 101% para sólidos totais, sólidos voláteis, nitrogênio, fósforo, sódio e potássio, respectivamente. Entretanto, as excreções de zinco e cobre foram reduzidas, quando aumentaram os níveis de fibra da cana-de-açúcar nas dietas.

O aumento nas excreções de sólidos totais e voláteis, bem como de minerais também foram relatados por Fraga et al, (2009), citados anteriormente. Castellini (2015) também verificou que os níveis de farelo de acerola (0, 9, 18 e 27%) nas dietas de suínos em terminação, aumentaram as excreções de minerais, como, nitrogênio, fósforo, sódio e potássio. No entanto, Rodrigues (2015) encontrou aumento nas excreções de sólidos totais e voláteis, e potássio, porém, o mesmo efeito não foi observado para o nitrogênio e o fósforo. Da mesma forma, Massé et al. (2003) não observaram aumento nas excreções de minerais nas fezes de porcas em gestação, quando incluíram níveis (7,8; 23,5 e 28,4) de fibra em detergente neutro, nas dietas dos animais.

A fibra dietética refere-se aos componentes dietéticos que não são degradados pelas enzimas secretadas pelos animais monogástricos (BACH KNUDSEN et al., 1997), mas podem ser degradadas pelas bactérias intestinais, na porção final, do trato digestório. Assim, o aumento nas excreções de sólidos totais, que representa a matéria seca fecal, pode ser devido, à baixa digestibilidade da fibra da cana-de-açúcar, que reduziu o aproveitamento deste nutriente pelos animais, aumentando assim, a matéria seca fecal excretada. Este aumento da massa fecal, foi constatado

por Massé et al. (2003) e Hanson et al. (2012), quando incluíram fibra nas dietas de suínos. Este fato, explica as maiores excreções de minerais observadas neste estudo, pois a excreção de resíduos está diretamente relacionada a excreção de matéria seca fecal.

A produção de biogás consiste, no processo de digestão anaeróbia que ocorre na presença de bactérias e na ausência de oxigênio, onde é feita uma transformação de compostos orgânicos complexos e de outras substâncias simples, das quais resulta uma mistura de gases, principalmente metano (CH_4) e dióxido de carbono (CO_2) e o biofertilizante (NOGUEIRA, 1992). Para o sucesso na realização desse processo, alguns elementos essenciais são necessários, como nitrogênio e fósforo que estimulam o crescimento das bactérias metanogênicas, responsáveis pelo processo de digestão anaeróbia (SOUZA, 1984).

No presente estudo, a presença de fibra da cana-de-açúcar nas fezes não influenciou no volume total do biogás e seus potenciais de produção, Essa diferença foi observada somente para o potencial de produção de biogás por sólidos voláteis reduzidos, que diminuiu com a inclusão estimada em 3% de fibra da cana-de-açúcar, Consequentemente, os potenciais de produção de metano também não foram afetados.

Estes resultados diferem dos relatados por Orrico Junior et al. (2010), que avaliaram a eficiência do processo de digestão anaeróbia com fezes de bovinos alimentados com diferentes proporções de volumoso (fonte de fibra) e concentrado (fonte de amido), e observaram que o aumento da proporção de volumoso na dieta reduziu os potenciais de produção de biogás e metano em média de 13%. Da mesma forma, a redução nos potenciais de produção do biogás e do metano foi observado por Castellini (2015), quando incluíram níveis de farelo de acerola nas dietas de suínos em terminação.

Um dos fatores que interfere na produção do biogás é a quantidade de lignina presente na fração fibrosa, este componente quando complexado à celulose e hemicelulose dificulta a degradação pelas bactérias (MUSSATO et al., 2011). Este fato, foi observado por Barakat et al. (2014) que relataram que a taxa de biodigestão anaeróbia diminuiu, à medida em que o teor de lignina aumentou no processo. O que não ocorreu no presente estudo.

A presença de fibra da cana-de-açúcar afetou as porcentagens de sólidos totais e voláteis reduzidos nos biodigestores. Essas variáveis representam a capacidade do substrato ser degradado e consequentemente apresentar rendimento de biogás, o que caracteriza a eficiência do processo de degradação de matéria orgânica através da utilização dos biodigestores (PRAES, 2013). Assim, quanto maior a porcentagem de sólidos totais e voláteis reduzidos, maior será a produção de biogás.

Os picos de produção do biogás ocorreram no mesmo período para a maioria dos biodigestores, conforme pode ser observado na Figura 2. Porém, os maiores picos de produção foram para os biodigestores abastecidos com fezes de animais alimentados com a dieta controle, seguido da dieta com 10% de fibra. Sendo que os biodigestores abastecidos com fezes de animais alimentados com a dieta controle produziram biogás por um período maior.

A proporção de metano na composição do biogás foi a mesma entre as dietas experimentais, porém a proporção do dióxido de carbono foi maior estimado com a inclusão de 3,5% de fibra da cana-de-açúcar nas dietas. O aumento na produção de metano nos biodigestores é desejável, pois esse gás produzido, pode ser utilizado como fonte de energia, na substituição de combustíveis fósseis e deste modo, agrega valor à produção (SILVA et al., 2005). Dessa forma, quanto maior a proporção de metano mais eficiente é o biogás para produção de energia, o que não foi observado, no presente estudo.

5. CONCLUSÃO

A utilização da fibra da cana-de-açúcar na alimentação de suínos em terminação, reduz os teores de macro e microminerais nas fezes, mas aumenta as excreções de resíduos, não alterando os potenciais de produções de biogás e metano,

6. AGRADECIMENTOS

À FAPESP pelo financiamento da pesquisa, PROCESSO 2012/18488-7, pela concessão da bolsa de Doutorado, PROCESSO 2012/13164-9.

À DILUMIX- pela doação da fibra da cana-de-açúcar.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 19, ed, Washington: APHA, 1995.

BACH KNUDSEN, K. E.; JOHANSEN, H. N.; GLITSO, V. Methods for analysis of dietary fibre- advantage and limitations. **Journal Animal Feed Science**. v. 6, p. 185-206, 1997.

BARAKAT, A.; KADIMI, A.; STEYER, J. P.; CARRÉRE, H. Impact of xylan structure and lignin-xylan association on methane production from C5-sugar. **Biomass and Bioenergy**. v. 63, p.33-45, 2014.

BATAGLIA, O. G. et al. **Métodos de análises químicas de plantas**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1983, 48p, Boletim Técnico.

BERCHIELLI, T. T.; OLIVEIRA, S. G.; CARRILHO, E. N. V. M.; FEITOSA, J. V.; LOPES, A. D. Comparação de marcadores para estimativas de produção fecal e de fluxo de digesta em bovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 34, n. 3, p. 987-996, 2005.

CAMPOS, C. M. M.; MOCHIZUKI, E. T.; DAMASCENO, L. H. S.; BOTELHO, C. G. Avaliação do potencial de produção de biogás e da eficiência de tratamento do reator anaeróbio de manta de lodo (UASB) alimentado com dejetos de suínos. **Ciência e Agrotecnologia**. Lavras, v. 29, n. 4, p.848-856, 2005.

CASTELINI, F. R. **Farelo de acerola em programa de restrição alimentar para suínos pesados**. 2015, xii, 112p, Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2015.

FRAGA, A. L.; THOMAZ, M. C.; KRONKA, R. N.; BUDIÑO, F. E. L.; HUAYNATE, R. A. R.; SCANDOLERA, A. J.; RUIZ, U. S.; NADAI, A. Qualitative feed restriction for heavy swines: effect on digestibility and weight of organs of digestive tract, and environmental impact of feces. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**. V. 61, n. 6, p. 1353-1363, 2009.

HANSON, A. R.; XU, G.; LI, M.; WHITNEY, M. H.; SHURSON, G. C.; Impact of dried distillers grains with solubles (DDGS) and diet formulation method on dry matter, calcium, and phosphorus retention and excretion in nursery pigs. **Animal Feed Science and Technology**. v. 172, p.187-193, 2012.

KUNZ, A. K.; HIGARASHI, M. M.; OLIVEIRA, P. A.; Tecnologias de manejo e tratamento de dejetos de suínos estudadas no Brasil. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**. v. 22, n. 3, p. 651-665, 2005.

MASSÉ, D. I.; CROTEAU, F.; MASSE, F. Effect of dietary fiber incorporation on the characteristics on pregnant sows slurry. **Canadian Biosystems Engineering**. v. 45, p. 607-612, 2003.

MUSSATO, S. I.; FERNANDES, M.; MILAGRES, A. M. F.; ROBERTO, I. C. Effect of hemicellulose and lignin on enzymatic hydrolysis of cellulose from brewer's spent grain. **Enzyme and Microbial Technology**. v, 43, p,124-129, 2008.

NOGUEIRA, L. A. H. **Biodigestão a alternativa energética**. São Paulo:Nobel, 1992, 93p,1992.

ORRICO JUNIOR, M. A. P.; ORRICO, A. CA.; LUCAS JUNIOR, J. Influência da relação volumoso: concentrado e do tempo de retenção hidráulica sob a biodigestão anaeróbia de dejetos de bovinos. **Engenharia Agrícola**. v. 30, n. 3, p. 386-394, 2010.

PRAES, M. F. F. M. **Probiótico e enzimas em dietas de frangos de corte: desempenho, características da cama e excretas e produção de biogás**, 2013, x, 168f, Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2013.

RODRIGUES, D. J., **Níveis e tipos de fibra dietética para suínos pesados em restrição alimentar qualitativa**, 2015, xi, 101p, Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2015.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; FERREIRA, A. S.; OLIVEIRA, R. F.; LOPES, D. C.; BARRETO, S. L. T.; EUCLIDES, R. F. **Tabelas Brasileiras para Aves e Suíno: Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais**. Viçosa, MG: UFV. 3ed., 2011, 252p.

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

SANTOS, T. M. B. **Balanço energético e adequação do uso de biodigestores em galpões de frangos de corte**, 2001. 167f. Tese (Doutorado em Produção Animal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2001.

SARRUGE, J. R.; HAAG, H. P. **Análises químicas em plantas**, Piracicaba: ESALQ, 1974.

SILVA, F. M.; LUCAS JÚNIOR, J.; BENINCASA, M.; OLIVEIRA, E. Desempenho de um aquecedor de água a biogás, **Engenharia Agrícola**. v. 25, n. 3, p. 608-614. 2005.

SOUZA, M. E. Fatores que influenciam a digestão anaeróbia. **Revista DAE**. (44), p.88-94, 1984.

VAN KEULEN, J.; YOUNG, B. A. Evaluation of acid-insoluble ash as natural marker in ruminant digestibility studies. **Journal of Animal Science**, v. 44, n. 2, p. 282-287, 1977.