

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

ANDRESSA NATHALIE NUNES

**VALOR NUTRITIVO, ENERGIA LÍQUIDA DE DIETAS E
MORFOMETRIA INTESTINAL DE SUÍNOS ALIMENTADOS
COM NÍVEIS CRESCENTES DE CASCA DE SOJA**

**Belo Horizonte
2017**

Andressa Nathalie Nunes

**VALOR NUTRITIVO, ENERGIA LÍQUIDA DE DIETAS E
MORFOMETRIA INTESTINAL DE SUÍNOS ALIMENTADOS
COM NÍVEIS CRESCENTES DE CASCA DE SOJA**

Tese apresentada à Escola de Veterinária da
Universidade Federal de Minas Gerais, como
requisito para obtenção do grau de Doutora em
Zootecnia.

Área de concentração: Nutrição Animal
Orientadora: Eloisa de Oliveira Simões Saliba

**Belo Horizonte
2017**

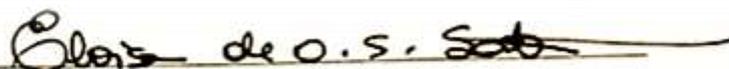
N972v Nunes, Andressa Nathalie, 1983-
Valor nutritivo, energia líquida de dietas e morfometria intestinal de suínos alimentados com níveis crescentes de casca de soja / Andressa Nathalie Nunes. – 2017.
180 p. : il.

Orientadora: Eloisa de Oliveira Simões Saliba
Tese (doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Veterinária
Inclui bibliografia

1. Suíno – Alimentação e rações – Teses. 2. Dieta em veterinária – Teses. 3. Soja como ração – Teses. 4. Valor nutricional – Teses. 5. Nutrição animal – Teses. I. Saliba, Eloisa de Oliveira Simões. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Veterinária. III. Título.

CDD – 636.408 5

Tese / defendida e aprovada em 20/ 02 / 2017 pela comissão examinadora composta pelos seguintes membros:



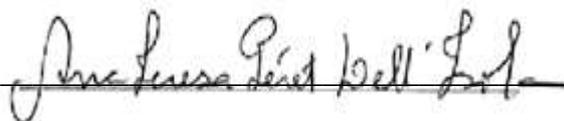
Prof. Eloisa de Oliveira Simões Saliba
Orientador



Prof. Dalton Oliveira Fontes
Co-Orientador



Prof. Walter Motta Ferreira



Prof. Ana Teresa Péret Dell'Isola



Prof. Silvana Lucía dos Santos Medeiros

AGRADECIMENTO

*Há minha família e todos que confiaram e me apoiaram
nesta caminhada com muito carinho, dedico este trabalho.*

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha família, e há todos que sempre acreditaram e confiaram em mim e em primeiro lugar agradeço a Deus por ter me concedido essa oportunidade .

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus por ele sempre ouvir minhas preces, e me ajudar sempre que eu necessito me mostrando o melhor caminho ou a melhor decisão a tomar.

A professora Eloísa Saliba por ter me aceito como orientada e pela confiança em mim depositada.

A minha família (pai e mãe), e também ao meu irmão por me apoiarem sempre.

As minhas madrinhas Vanda e Wilma que sempre me apoiaram e me ajudaram.

A meu esposo Dilvan, por ter acompanhado minha trajetória, me ajudado em vários momentos principalmente no experimento, foi muito importante na conclusão dessa conquista, agradeço pela ajuda, carinho, compreensão e amor.

A empresa Vaccinar e também a funcionária desta empresa Luiza intermediar na aquisição dos animais e alimento testado neste experimento.

Aos meus amigos de pós-graduação por sempre me apoiarem .

Aos professores Dalton (UFMG), Walter (UFMG), Anna Tereza (UFV) e Silvana (IFET-BAMBUÍ) pela contribuição e ensinamentos.

Aos meninos que ajudaram muito no meu experimento.

Ao pessoal do laboratório, Toninho, Fabiana, Gabriela que me auxiliaram sempre que precisei.

Aos integrantes do GIL, Guilherme, Filipe, Cecília, Jaqueline, Henrique e Ludhiana, por toda ajuda compreensão e companheirismo.

A Heloísa do colegiado de pós da zootecnia pela amizade e paciência .

Ao seu Nilson do galpão que sempre me auxiliou quando precisei.

Ao pessoal do xerox Elinho, Wagner.

Ao CNPq pela bolsa concedida e a FAPEMIG pelo financiamento do projeto.

Em fim a todos que de alguma forma estiveram presentes, me auxiliando e apoiando nessa conquista.

SUMÁRIO

Introdução Geral	16
Abstract	18
<hr/>	
CAPITULO 1	
<hr/>	
Revisão Bibliográfica.....	19
1. Nutrientes Digestíveis Totais	20
1.1 Energia Líquida de Alimentos para Suínos	21
1.2 Fibra na Alimentação de Suínos	24
1.2.1 Caracterização da Fibra Dietética	25
1.2.2 Fibras e Constituintes	29
1.2.3 Digestibilidade	30
1.2.4 Influência da Fibra na Morfologia Intestinal	30
1.3 Fontes de Fibra Alternativa: Casca de Soja	32
1.4 Influência da Contribuição da Casca de Soja	33
1.5 Influência e contribuição da microbiota intestinal dos suínos no aproveitamento dos nutrientes.....	34
1.6 A Importância do Amido Para Suínos	35
1.7 Metabolismo dos AGV's	36
2. Metabolismo dos carboidratos e produção dos ácidos graxos voláteis pela microbiota	40
3. Técnica de Determinação da Digestibilidade dos Alimentos.....	45
3.1 Digestibilidade <i>In vitro</i>	45
3.2 Técnica de indicadores de digestibilidade	46
3.2.1 Óxido crômico	47
3.2.2 <i>Lignina purificada e enriquecida (LIPE®) E NANOLIPE</i>	48
3.2.3 <i>Dióxido de Titânio</i>	49
3.2.4 <i>Taxa de passagem (tempo de transito)</i>	50
4. Técnicas Instrumentais para Avaliação do teor de Titânio.....	51
4.1 Técnica do espectrofotômetro ultravioleta (UV) SP-220 (padrão)	51
4.2 Difração a Laser (PARTICA).....	53
5. Referências bibliográficas	54

CAPITULO 2

Digestibilidade da Matéria Seca, produção fecal e consumo de dietas com diferentes níveis de fibra para suínos em crescimento pelo método direto e indireto (indicadores)

Resumo	70
Abstract.....	71
Introdução.....	72
Material e Métodos	73
Resultados e Discussão.....	77
Conclusão	85
Referências bibliográficas	86

CAPITULO 3

Taxa de passagem de dietas com diferentes níveis de casca de soja para suínos em crescimento

Resumo.....	91
Abstract.....	92
Introdução.....	93
Material e Métodos	94
Resultados e Discussão.....	97
Conclusão	101
Referências bibliográficas	101

CAPITULO 4

Digestibilidade de dietas para suínos em crescimento com diferentes níveis de fibra

pela	técnicas	<i>in</i>	<i>vitro</i>
Resumo			106
Abstract.....			107
Introdução.....			108
Material e Métodos			110
Resultados e Discursão			114
Conclusão.			122
Referências bibliográficas			123

CAPITULO 5

Quantificação do indicador dióxido de titânio por diferentes técnicas para determinação da produção fecal de suínos em crescimento

Resumo	128
Abstract.....	129
Introdução.....	130
Material e Métodos	131
Resultados e Discursão	134
Conclusão.	137
Referências bibliográficas	138

CAPITULO 6

Energia líquida de dietas para suínos em crescimento com diferentes níveis de casca de soja

Resumo	141
Abstract.....	142
Introdução.....	143
Material e Métodos	144
Resultados e Discursão	148
Conclusão.	153
Referências bibliográficas	154

CAPITULO 7

Morfometria intestinal, ganho de peso e consumo de suínos em crescimento alimentados com diferentes níveis de casca de soja na dieta

Resumo	157
Abstract.....	158
Introdução.....	159
Material e Métodos	160
Resultados e Discursão	164
Conclusão.	172
Referências bibliográficas	172

CAPITULO 1

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição bromatológica e energética da casquinha de soja em base de matéria natural 32

Tabela 2. Principais bactérias que degradam a parede celular vegetal presente no trato digestivo de suínos.....38

CAPITULO 2

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição das dietas experimentais (%) 74

Tabela 2. Determinação da digestibilidade aparente da (MS) de dietas com diferentes níveis de fibra e pela técnica de indicadores 77

Tabela 3. Determinação do consumo na matéria seca de dietas com diferentes níveis de fibra medido (REAL) e determinado pela técnica de indicadores.....82

Tabela 4. Determinação da produção fecal de dietas com diferentes níveis de fibra pela coleta total de fezes e pela técnica de indicadores.....84

CAPITULO 3

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição percentual das rações experimentais..... 95

Tabela 2. Média dos valores do tempo médio de retenção (TMR), da taxa de passagem (TxP) e do tempo de trânsito (TT), nas fases sólida, em dietas com diferentes níveis de fibra..... 98

CAPITULO 4

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição das dietas experimentais (%) 110

Tabela 2. Digestibilidade in vivo da Matéria Seca da dieta basal BASAL (0% de substituição da casca de soja) comparado com a digestibilidade in vitro da matéria seca usando diferentes inóculos: liquido ruminal (LR), fezes fresca de suínos(FF), material do ceco(C) e material do intestino grosso (IG).....	118
Table 3. Digestibilidade in vivo da Matéria Seca da dieta com 7,5% de substituição da casca de soja comparado com a digestibilidade in vitro da matéria seca usando diferentes inóculos: liquido ruminal (LR), fezes fresca de suínos(FF), material do ceco(C) e material do intestino grosso (IG).	120
Table 4. Digestibilidade in vivo da Matéria Seca da dieta com 15,0% de substituição da casca de soja comparado com a digestibilidade in vitro da matéria seca usando diferentes inóculos: liquido ruminal (LR), fezes fresca de suínos(FF), material do ceco(C) e material do intestino grosso (IG).	120
Table 5. Digestibilidade in vivo da Matéria Seca da dieta com 22,5% de substituição da casca de soja comparado com a digestibilidade in vitro da matéria seca usando diferentes inóculos: liquido ruminal (LR), fezes fresca de suínos(FF), material do ceco(C) e material do intestino grosso (IG).	121
Table 6. Digestibilidade in vivo da Matéria Seca da dieta com 30,0% de substituição da casca de soja comparado com a digestibilidade in vitro da matéria seca usando diferentes inóculos: liquido ruminal (LR), fezes fresca de suínos(FF), material do ceco(C) e material do intestino grosso (IG).	122

CAPITULO 5

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição das dietas experimentais (%)	132
Tabela 2. O valor médio da produção fecal aparente na (MS) matéria seca determinado com o indicador titânio e analisado por diferentes técnicas	135

CAPITULO 6

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição das dietas experimentais (%) 147

Tabela 2. Média da partição das energias para suínos em crescimento alimentados com dietas contendo nível crescente de fibra 149

CAPITULO 7

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição das dietas experimentais (%) 163

Tabela 2. Altura de Vilosidade (AV), Profundidade de Cripta (PC) e relação da Vilosidade:Cripta (V:C) de amostras de jejuno de suínos alimentados com dietas contendo diferentes níveis de fibra.....166

Tabela 3. Ganho de peso final e Consumo de ração de suínos alimentados com dietas contendo diferentes níveis de fibra..... 170

CAPITULO 1

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Esquema representativo dos sistemas energéticos (Sakomura e Rostagno, 2007).....	23
Figura 2. Glicólise via Embden-Meyerhof-Parnas	41
Figura 3. Formação de acetato pela fermentação bacteriana ruminal. HSCoA = coenzima-A; Pi = fosfato inorgânico.....	42
Figura 4. Formação de propionato pela via succinato	43
Figura 5. Formação de propionato pela via acrilato	44
Figura 6. Formação do butirato pela fermentação bacteriana ruminal	45
Figura 7. Espectro de absorção de luz em diversos comprimentos de onda (λ).	51
Figura 8. Componentes e funcionamento de um espectrofotômetro para análise da absorção de um determinado comprimento de onda específico de uma solução.	52

CAPITULO 3

LISTA DE FIGURA

Figura 1. Taxa média de recuperação cumulativa do cromo em dietas para suínos com diferentes níveis de fibra.....	99
--	----

CAPITULO 7

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Foto da porção do intestino delgado (jejuno) alimentado com ração a base de milho e soja.....	176
Figura 2. Foto da porção do intestino delgado (jejuno) alimentado com ração a base de milho e soja com substituição em 7,5% do milho e soja por casca de soja.....	176
Figura 3. Foto da porção do intestino delgado (jejuno) alimentado com ração a base de milho e soja com substituição em 15,0% do milho e soja por casca de soja.....	177

Figura 4. Foto da porção do intestino delgado (jejuno) alimentado com ração a base de milho e soja com substituição em 22,5% do milho e soja por casca de soja.....	177
Figura 5. Foto da porção do intestino delgado (jejuno) alimentado com ração a base de milho e soja com substituição em 30,0% do milho e soja por casca de soja.....	177
Foto. microscópio utilizado e da câmera utilizada na avaliação das variáveis	178

CAPITULO 2

LISTA DE GRÁFICO

Gráfico 1. Consumo de matéria seca por suínos em crescimento.83

CAPITULO 6

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Valor da energia bruta em função dos níveis de fibra das dietas. 150

Gráfico 2. Valor da energia digestível em função dos níveis de fibra das dietas 151

Gráfico 3. Valor da energia metabolizável em função dos níveis de fibra das dietas 151

Gráfico 4. Valor da energia líquida em função dos níveis de fibra das dietas..... 151

Gráfico 5. Valor do incremento calórico em função dos níveis de fibra das dietas 152

CAPITULO 7

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Altura de vilosidade para diferentes níveis de inclusão da casca de soja na
dieta de suínos. 189

Gráfico 2. Profundidade de cripta para diferentes níveis de inclusão da casca de soja na
dieta de suínos 170

Gráfico 3. Relação altura de vilosidade: profundidade de cripta para diferentes níveis de
inclusão da casca de soja na dieta de suínos. 170



Resumo

A carne suína é a mais produzida e consumida no mundo e considerada uma das principais atividades do agronegócio brasileiro. Atualmente, o Brasil é o quarto maior produtor mundial de carne suína segundo USDA, (2015). Mas, ao longo do ano períodos de instabilidade ligados há aquisição de matéria prima para um bom desenvolvimento da atividade vem acontecendo devido a elevação ou queda dos preços do quilo do suíno terminado e ainda a variação e até falta dos insumos utilizados nas dietas desses animais USDA, (2015).

O suíno é um animal que apresenta fácil aceitação aos diferentes alimentos, assim, como uma alternativa há essas instabilidade do mercado, produtos alternativos podem ser utilizados nas dietas visando reduzir a concorrência do uso do milho e da soja, a oscilação nos preços e a disponibilidade destes produtos, otimizando assim a produção. O uso de alimentos com um índice de fibra não comumente usado antes vem crescendo ao longo dos anos, e a medida que esses animais foram se desenvolvendo e adaptando esses alimentos vem ganhado mais espaço como a casquinha de soja que era pouco usada pra essa espécie animal.

A casca de soja como um alimento alternativo na dieta de suínos tem se mostrado eficiente no aumento dos níveis de consumo quando utilizada em percentagens de 12 a 24% na dieta total, com pouco ou com nenhum efeito sobre o ganho de peso diário, digestibilidade dos nutrientes e desempenho final dos animais BOWERS et al. (2000).

A porcentagem de fibra contida na casca de soja, até o nível de 30% de substituição na dieta basal não influencia de forma negativa na absorção de nutrientes para suínos na fase de crescimento, não prejudicando também o ganho de



peso final e digestibilidade, podendo assim ser utilizada na alimentação desses animais como uma forma de reduzir os custos da produção.

Assim, objetivou-se nesse estudo a avaliação do melhor nível de substituição do alimento alternativo casca de soja em dietas de suínos em crescimento sem alteração no ganho de peso final dos animais e na qualidade final do produto produzido.



Abstract

Pork is the most produced and consumed in the world and considered one of the main activities of Brazilian agribusiness. Currently, Brazil is the fourth largest producer of pork in the world according to USDA, (2015). But during the year periods of instability linked to the acquisition of raw material for a good development of the activity has been happening due to the rise or fall of prices of the kilo of the finished pig and also the variation and even lack of the inputs used in the diets of these animals , USDA (2015).

The pig is an animal that presents easy acceptance to different foods, so as an alternative there are these market instability, alternative products can be used in diets aimed at reducing competition from the use of corn and soybean, oscillation in prices and availability Optimizing production. The use of foods with a fiber content not commonly used before has been growing over the years, and as these animals have been developing and adapting these foods has gained more space like the soybean that was little used for this animal species .

Soybean peel as an alternative food in the diet of pigs has been shown to be efficient in increasing consumption levels when used in percentages of 12 to 24% in the total diet, with little or no effect on daily weight gain, digestibility of Nutrients and final performance of animals BOWERS et al. (2000).

The percentage of fiber contained in the soybean hull, up to the 30% level of substitution in the basal diet, does not negatively influence the nutrient uptake for pigs in the growth phase, and does not affect the final weight gain and digestibility. Thus, the objective of this study was to evaluate the best level of substitution of the alternative soybean meal in diets of growing pigs with no change in the weight gain of the animals and in the final quality of the product produced.



Revisão Bibliográfica

Estudos e investimentos na suinocultura posicionaram o Brasil em quarto lugar no ranking de produção e exportação mundial de carne suína. Alguns elementos como sanidade, nutrição, bom manejo da granja, produção integrada e, ainda o aprimoramento gerencial dos produtores, contribuíram para aumentar a oferta interna e colocar o País em destaque no cenário mundial.

Especialistas brasileiros também investiram na evolução genética dessa espécie por 20 anos, o que reduziu em 31% a gordura da carne, 10% do colesterol e 14% de calorias, tornando a carne suína brasileira mais magra, nutritiva e saborosa (MAPA, 2016).

Reflexo desse investimento é verificado na crescente produção de suínos em torno de 4% ao ano, sendo os estados de Santa Catarina, Paraná e Rio Grande do Sul os principais produtores de suínos do País. Atualmente, o Brasil representa 10% do volume exportado de carne suína no mundo, chegando a lucrar mais de US\$ 1 bilhão por ano (MAPA, 2016).

O consumo *per capita* de carne suína do Brasil chegou em 2015 a 15 quilos, índice 2,7% superior em relação ao registrado em 2014. No ano de 2016, no setor de suínos foi previsto um crescimento de 2% a 3% na produção nacional e também um leve aumento do consumo per capita no país (MAPA 2016).

Esses fatores apontam para um crescimento ainda mais satisfatório, estima-se que a produção de carne suína atinja média anual de 2,84%, no período de 2008/2009 a 2018/2019, e o seu consumo, 1,79%. Em relação às exportações, a representatividade do mercado brasileiro de carne suína saltará de 10,1%, em 2008, para 21% em 2018/2019 (MAPA, 2016).



1. Nutrientes Digestíveis Totais

Com o desenvolvimento da suinocultura os nutricionistas, pesquisadores e produtores têm buscado formular rações que atendam as exigências nutricionais desses animais, e que não comprometa o seu desenvolvimento minimizando o impacto ambiental sem afetar o custo para a produção final.

Dessa forma, com as informações sobre as exigências nutricionais de cada categoria animal, dos ingredientes utilizados na alimentação, valor nutricional de cada alimento, coeficientes de digestibilidade dos nutrientes e valores energéticos, é possível fornecer aos animais dietas balanceadas para alcançar objetivos previamente estabelecidos (CAMPOS, 2009).

Os valores de nutrientes digestíveis são normalmente encontrados nas tabelas de composição de alimentos. Ou ainda em trabalhos científicos onde foram realizados ensaios de digestibilidade que fornece aos produtores e pesquisadores o valor nutricional de cada alimento. No entanto, segundo SANTOS et al. (2005) diferenças nos valores de composição química dos alimentos sempre são esperadas, uma vez que, as variedades melhoradas geneticamente estão sempre sendo apresentadas e inseridas no mercado. Além disso, as diversas técnicas de processamento podem originar subprodutos com a composição química bastante variada.

A concentração de energia da dieta também tem um papel importante na variação da ingestão de alimentos. A literatura sugere que a regulação da ingestão de alimentos depende da densidade de energia, de modo que o consumo diário de energia permaneça relativamente constante em dietas com diferentes densidades de energia. Entretanto, uma das maiores dificuldades é a forma de expressar a densidade de energia da dieta (NOBLET & MILGEN, 2004).



Geralmente é com base no conteúdo de energia digestível (ED) e energia metabolizável (EM) que se tem a estimativa precisa do valor energético real do alimento. Entretanto, é a energia líquida (EL) que leva em consideração as diferenças na utilização metabólica da energia metabólica (EM) e nutrientes (NOBLET & HENRY, 1993).

1.1 Energia Líquida de Alimentos para Suínos

A energia presente nos alimentos é um dos fatores limitantes do consumo e está envolvida em todos os processos produtivos dos animais. Além de influenciar no consumo de ração, o teor energético das dietas, também influencia no desempenho e no custo da formulação das rações (FARIA e SANTOS, 2005).

Estudos sobre as exigências nutricionais e o aproveitamento dos nutrientes pelos animais tem evoluído para a utilização de valores de energia líquida dos alimentos, utilizando-se equações propostas inicialmente por NOBLET et al. (1996), porque parte da energia metabolizável (EM) se perde nos trabalhos de digestão, absorção e metabolismo dos nutrientes na forma de incremento calórico (IC). A energia líquida (EL) pode ser calculada por modelos matemáticos que estimam o gasto energético do incremento calórico (EM – IC) da proteína, carboidratos e gorduras (ROSTAGNO et al. 2007).

Além disso, a determinação da (EL) das rações pode ser realizada por meio de calorimetria indireta, ou seja, cálculo da quantidade de energia produzida pelo animal na forma de calor calculada por meio de mensurações de troca gasosa (consumo de oxigênio O₂ e produção de dióxido de carbono CO₂) e produção de calor em uma câmara respirométrica de sistema aberto (CHWALIBOG, 2004).



A câmara respirométrica de sistema aberto funciona da seguinte forma, o ar atmosférico entra na câmara em um fluxo constante de 50 litros por minuto e é misturado ao ar expirado pelos animais, sendo coletadas amostras a cada 8 minutos para a determinação das concentrações de O₂ e CO₂ (CHWALIBOG, 2004). A concentração máxima permitida de CO₂ será de 0,5%. O consumo de O₂ e a produção de CO₂ podem ser calculados baseados no volume e na composição do ar que entra comparado com o ar que sai (CHWALIBOG, 2004). O cálculo da produção de calor é feito de acordo com a equação de BROUWER (1965): (O metano não é relevante para monogástricos).

$$H \text{ (kj)} = 16,18 \times \text{O}_2 \text{ (l)} + 5,02 \times \text{CO}_2 \text{ (l)}$$

A determinação da necessidade de energia líquida de manutenção (ELm) é a quantidade de energia necessária para manter o equilíbrio dinâmico da síntese e degradação da proteína e da gordura, para manter constante a temperatura corporal e manter também um nível “normal” de atividade locomotora (CHWALIBOG, 1991).

Não existe perda e ganho de energia corporal. Na modificação da definição clássica da energia metabolizável (EM) de manutenção, um equilíbrio na síntese e degradação da proteína e gordura, implica na retenção zero de energia para cada um dos componentes, sendo possível que um deles tenha um valor negativo enquanto outro tenha um mesmo valor positivo, ou seja, no total zero de retenção (CHWALIBOG, 1991).

Assume-se então que a relação entre a produção de calor no jejum e a EM para manutenção é similar à relação entre a produção de calor na manutenção e EM para manutenção. Entretanto, em animais em jejum a fonte de energia não é proveniente da dieta e sim da energia estocada principalmente nos depósitos de gordura (CHWALIBOG, 1991; SOARES, 2014).

Para esta determinação da EM disponível para retenção de energia corporal (EM_{pf}) será utilizada a equação: $EM_{pf} = EM - EM_m$ (CHWALIBOG, 1991; SOARES 2014).

O sistema de energia líquida pode atender melhor às exigências dos animais e reduzir os custos energéticos da ingestão e digestão dos alimentos (NOBLET, 1996 citado por GONÇALVES et al., 2015).

O esquema convencional representativo de partição de energia que representa as etapas que incidem as perdas energéticas está apresentado na figura 1.

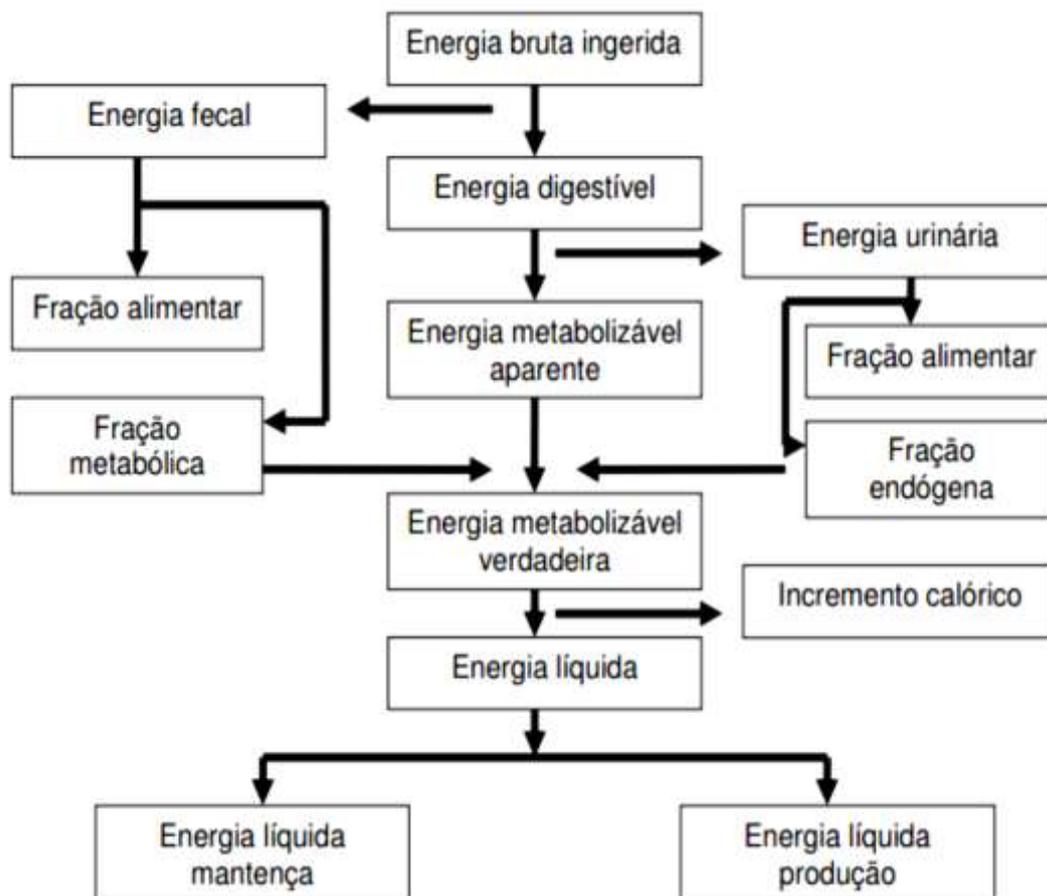


Figura 1. Esquema representativo dos sistemas energéticos (SAKOMURA e ROSTAGNO, 2007)



1.2 Fibra na Alimentação de Suínos

A fibra alimentar pode ser considerada como os polissacarídeos do alimento não digerível pelas enzimas endógenas dos animais, mas sim pela ação de enzimas da microbiota gastrintestinal (TUNGLAND e MEYER, 2002).

Os polissacarídeos estruturais que constituem a parede celular dos vegetais são polímeros de pentose (arabinose e xilose) e hexoses (glicose, frutose e galactose). Estas unidades básicas combinam-se originando dois grupos estruturais principais: homopolissacarídeos e heteropolissacarídeos.

No primeiro encontra-se a celulose e no segundo, as pectinas e as hemiceluloses. Estes dois grupos, homopolissacarídeos e heteropolissacarídeos, formam a fração insolúvel ou carboidratos insolúveis, também chamados de polissacarídeos não amiláceos. Estes carboidratos, juntamente com a lignina (polímero aromático de ésteres fenólicos) e certos polissacarídeos de reserva, como as gomas, constituem a “fibra” (TEIXEIRA, 1995; CASTRO et al., 2005).

Os componentes dietéticos da fibra são pouco digeridos no intestino delgado de suínos, providenciando substrato para a fermentação microbiana no intestino grosso. O principal produto desta fermentação são os ácidos graxos voláteis (AGV) propionato, butirato e acetato. A contribuição calórica destes AGV em suínos tem sido estimada em 5% a 28% das exigências em energia de manutenção, isso dependendo da frequência do consumo e do nível de fibra na dieta (NRC, 1998).

A presença de dieta fibrosa reduz significativamente a digestibilidade de todos os nutrientes; há uma redução de consumo de energia, influenciando numa queda do crescimento e da eficiência da conversão alimentar, proporcionando uma carcaça mais magra (CLOSE, 1994; CASTRO et al. 2005).



O uso de subprodutos de elevado teor fibroso e forragens na produção de suínos tem sido estudado por diversos pesquisadores e os resultados tem demonstrado que as porcas são mais aptas para utilizar fibra do que suínos desmamados ou em fase de crescimento/ terminação (CLOSE, 1994; CASTRO et al. 2005). Este efeito positivo pode estar relacionado com o tamanho da leitegada e ainda relacionado a um menor aporte de energia líquida, proporcionado pela fibra, logo após a cobertura o que diminuiria as perdas embrionárias (JOHNSTON et al., 2003). Além disso, o uso de fibra também pode apresentar um reflexo positivo na diminuição de comportamentos estereotipados em fêmeas confinadas, diminuindo o estresse por aumentar seu nível de saciedade (JOHNSTON et al., 2003).

As cascas dos cereais são, na maior parte, compostas de componentes como arabinoxilanos, celulose e lignina. Beta-glucano e quantidades variáveis de arabinoxilanos também estão presentes na fração do endosperma (THEANDER *et al.* 1989).

A melhor digestibilidade observada para suínos, da polpa da beterraba e da casca de soja quando comparada a outros alimentos que contem elevado teor de fibra, deve-se ao alto conteúdo de substâncias pécticas contidas nesses alimentos, sendo essa substância altamente digestível. Além disso, há um baixo grau de lignificação e baixa proporção de amido. Tais características diferenciam esses alimentos em termos de digestibilidade das demais matérias primas ricos em fibra e de interesse para a alimentação de suínos (TEIXEIRA, 1995).

1.2.1 Caracterização da Fibra Dietética

A fibra dietética também denominada de parede celular vegetal constitui-se quimicamente de polissacarídeos estruturais fibrosos (celulose e hemicelulose), que



encontram-se associadas à substâncias pécticas, além de substâncias não glicídicas tais como: ligninas, sílica, ácido fítico, cutina e taninos. E em menores proporções foi verificada a presença de substâncias amiláceas e glicoproteínas, de acordo com a natureza do material vegetal. A parede celular vegetal se encontra organizada fisicamente em três porções estruturais básicas, a lamela média que forma um “cimento” contínuo ao tecido vegetal (pectinas), a parede primária formada por uma massa amorfa de hemiceluloses e substâncias pécticas onde se dispersam as celuloses, e a parede secundária constituída por celulose, hemicelulose e lignina (FERREIRA, 1994).

Com o desenvolvimento ou maturação da planta, observa-se um processo de lignificação que resulta no espessamento da parede secundária e confere certa resistência à degradação microbiana, além de possível ação bactericida. Os diferentes polímeros estão interligados por uma rede coesa assegurada por forças intermoleculares e ligações como as de “Van der Waals”, pontes de hidrogênio e outras interações iônicas e covalentes (FERREIRA, 1994).

A celulose pode ser caracterizada como um homopolissacarídeo de alto peso molecular, de cadeia linear e de elevado grau de polimerização das unidades D-glicose unidas por ligações do tipo β -1,4 e β -1,6. Possuindo uma configuração alongada e agrega-se lado a lado formando microfibrilas insolúveis unidas por fortes ligações inter e intramoleculares. A relação lignina/celulose determina a intensidade de degradação microbiana da parede celular, igualmente condicionada pela presença de outras substâncias incrustantes como a sílica e a cutina, além de fatores macromoleculares intrínsecos da própria celulose, como a cristalinidade e especificidade de suas ligações químicas, tanto para ruminantes como em não-ruminantes (VAN SOEST, 1994; BRETT; WALDRON, 1996).



As hemiceluloses caracterizam-se como heteropolissacarídeos de estrutura complexa e heterogênea, mas com um grau de polimerização inferior ao da celulose. São unidas por ligações glicosídicas β , aliados a açúcares residuais como xilose, arabinose, glicose, manose, galactose e ácido glicurônico. Assim, as hemiceluloses podem ser classificadas em pentosanas contendo polímeros de D-xilose unidos por ligações β -1,4 contendo cadeias laterais curtas de arabinose, ácido glucurônico, galactose e mesmo glicose (xilanos); ou contendo resíduos de galactose unidos por ligações β -1,3 e β -1,6 cujas cadeias laterais são formadas por arabinose (arabinogalactanos). As hemiceluloses também são classificadas em hexanos contendo predominantemente glicose e manose unidas por ligações β -1,4 (mananos), polímeros compostos de resíduos de glicose unidos por ligações β -1,3 e β -1,4 (β -glicanos) que se diferenciam da celulose pela solubilidade em meio alcalino, e os polímeros compostos por unidades de glicopiranosose unidas por ligações β -1,4 contendo cadeias laterais de xilanopiranosose unidas por ligações α -1,6 (xiloglicanos) (HATFIELD, 1989; JUNG, 1989; VAN SOEST, 1985; BRETT; WALDRON, 1996).

As pectinas são polímeros do ácido 1,4- β -Dgalacturônico que se encontram principalmente na lamela média e parede primária da célula vegetal, atuando como elemento “cimentante” entre membranas. A cadeia helicoidal de ácidos galacturônicos possivelmente está associada lateralmente com arabinoxilanos e galactomananos, sendo que os grupamentos ácidos estão geralmente combinados com sais de cálcio e metil-ésteres. As pectinas diferem das moléculas amiláceas pela posição axial da ligação no carbono-4, não sendo atacadas pelas amilases, porém, são susceptíveis a ação microbiana. As pectinas são mais abundantes em leguminosas do que em gramíneas, e estão presentes em concentrações significativas em certos subprodutos ou resíduos agroindustriais como as polpas de citrus e de beterraba



(FERREIRA, 1994; VAN SOEST; ROBERTSON; LEWIS, 1991; VAN SOEST, 1994).

A lignina constitui-se de polímeros condensados de diferentes álcoois fenilpropanóides p-cumárico, coniferílico e o sinapílico, além do ácido ferúlico, unidos por ligações do tipo éter ou ligações covalentes entre os núcleos benzênicos ou aliados aos radicais propanos. A lignina está presente em pequenas quantidades em forragens tenras ou jovens, tendendo a aumentar em função do estado de maturação das plantas e do ambiente em que se desenvolvem, assim como subprodutos agrícolas que incluem talos, cascas e palhas (HATFIELD, 1989; JUNG, 1989).

Na parede celular estão presentes outros compostos que podem ou não estar associados aos polissacarídeos estruturais, e ainda que em quantidades minoritárias, podem ter um efeito significativo sobre a capacidade digestiva. A sílica constitui-se em um destes componentes, com função estrutural com a lignina. Outro componente relevante refere-se à cutina, substância de natureza lipídica que se deposita nas células com função protetora dos tecidos. Os taninos por sua vez, são polímeros fenólicos de alto peso molecular, formando complexos estáveis com as proteínas. São classificados em dois grupos: taninos hidrolisáveis e condensados. Os taninos condensados tendem a diminuir o valor nutricional dos alimentos pelos efeitos deletérios devido à inibição das enzimas digestivas, tais como as tripsinas, as amilases e as lipases, além de impacto negativo sobre a microflora simbiótica dos animais. Os taninos hidrolisáveis, em função da acidez gástrica, liberam a cadeia peptídica e expõe seus sítios de hidrólise. As substâncias terpenóides de maior importância nutricional são as saponinas, destacando-se em leguminosas (EASTWOOD, 1992; FERREIRA, 1994; BRETT; WALDRON, 1996).



1.2.2 Fibra e Constituintes

Verifica-se, então, grande variação na composição química da fibra de diferentes origens conforme a proporção de cada um dos seus constituintes (TEIXEIRA, 1995; CASTRO *et al.* 2005).

Celulose é um polímero linear com ligações beta- 1-4 de milhares de unidades de glicose, resistente tanto à degradação enzimática e microbiana como a hidrólise ácida (THEANDER *et al.* 1989).

Hemiceluloses são polissacarídeos solúveis em solução alcalina aquosa, (THEANDER *et al.* 1989).

Substâncias pectínicas é uma mistura polissacarídica coloidal, a qual pode ser parcialmente extraída com água.

Lignina é uma rede ramificada de unidades fenilpropano nas fibras para aumentar sua rigidez. (THEANDER *et al.* 1989).

Sílica ocorre na maioria das plantas e pode ser uma parte estrutural da planta ou o resultado de uma contaminação de solo (VAN SOEST, 1981).

Cutina é geralmente encontrada na cutícula (epiderme) das plantas. (VAN SOEST, 1969). Como a cutina é indigerível há uma redução na digestibilidade dos carboidratos da parede celular.

Ácidos fenólicos (ferrúlico, diferrúlico e para-cumálico) e grupos acetil constituem 0,52 à 5% da parede celular em gramíneas (WAITE e CORROD, 1959; THEANDER *et al.* 1981).

Taninos ocorrem em muitas plantas e alguns tem capacidade por irreversibilidade ligar proteínas e inibir a fermentação da fibra. Eles interferem, também, na análise da fibra (VAN SOEST, 1981).



1.2.3 Digestibilidade

Digestibilidade representa a fração do alimento consumido, que não é recuperada nas fezes ou quanto do nutriente ingerido foi absorvido pela mucosa intestinal (ANDRIGUETO, 1988; JOSÉ, 2009). Essa definição compreende a digestibilidade “aparente” e não a “verdadeira”, pois alguns dos nutrientes absorvidos no trato gastro intestinal retornam ao intestino, e as fezes contêm uma quantidade variável de nutrientes de origem não dietética, tais como enzimas, secreções pancreáticas, e da vesícula biliar, bactérias, minerais, compostos nitrogenados e lipídeos, provenientes da descamação da mucosa intestinal (CHURCH e POND, 1988; FERREIRA, 2004).

1.2.4 Influência da Fibra na Morfologia Intestinal

POND (1989) relatou que suínos alimentados com dieta com alto teores de fibra tem intestino delgado mais pesado do que aqueles que receberam alimento com baixo teor de fibra. Tal afirmação já havia sido observada por POND et al. (1988) no qual o peso relativo (porcentagem do peso vivo) do fígado, coração, estômago cheio e intestino delgado, bem como, o ceco e cólon foram maiores em suínos alimentados com dieta com alto teor de fibra do que os que receberam dieta com baixo teor de fibra. Essa observação tem um significado especial quando considera-se a alta correlação existente entre o peso do órgão cheio e a produção de calor (POND, 1989).

O proporcional aumento do tamanho e peso do trato gastrointestinal pode influenciar diretamente nas exigências de manutenção relacionadas a energia e aminoácidos, pois existe maior demanda energética advinda da alta taxa de renovação celular presente neste órgãos (JOHNSTON et al. 2003).



MEULEN *et al.* (1991) observaram que a quantidade de digesta do estômago e do intestino delgado aumentou pela inclusão de fibra, particularmente, de farelo de trigo GOMES *et al.* (1998b) observaram alterações morfológicas dos órgãos digestivos de leitões em fase de recria quando estes foram alimentados com dieta contendo 10% de feno de Tifton (*Cynodon dactylon*).

Evidências de danificação do epitélio foram observadas em alguns suínos alimentados com dietas com alto teor de fibra, sugerindo que alguns animais são susceptíveis á mudança morfológica do intestino quando recebem dieta com alto teor de fibra (MOORE *et al.* 1988).

JIN *et al.* (1994) demonstrou que dietas com conteúdo elevado de fibra insolúvel proveniente da palha do trigo aumentou a proliferação celular das criptas do jejuno e cólon e aumentou a taxa de morte de células epiteliais do jejuno e íleo de suínos em crescimento. A proliferação de células epiteliais é suportada pelo butirato o qual é produzido na fermentação de alimentos fibrosos (MONTAGNE *et al.* 2003).

Efeitos semelhantes foram observados por Gomes *et al.* (1998a) quando o incremento de baixo nível de FDN (8%) na ração de leitões em recria promoveu alterações e atuou sobre o epitélio dos mesmos, de maneira a elevar a área celular, bem como elevar a produção e liberação de muco pela mucosa intestinal. Em suínos em fase de terminação consumindo ração com 8% FDN foi observado aumento no percentual da área ocupada pelas glândulas do epitélio do ceco e redução no percentual da área ocupada pelas células caliciformes (GOMES *et al.* 2001).

Em vista destes resultados podemos concluir que o oferecimento de dietas compostas por ingredientes fibrosos para suínos em suas diversas categorias proporciona uma provável adaptação histo-fisiológica e mecânica às ações abrasiva e fermentativa exercida pela fração fibra dietética (GOMES *et al.* 2001).



1.3 Fontes de Fibra Alternativa: Casca de Soja

A casquinha de soja é um dos subprodutos do beneficiamento da soja para extração através do óleo de soja, apresentando um elevado nível de fibra, um nível médio de proteína bruta e baixa energia, o que favorece a sua utilização para ruminantes e em rações que não necessitam de um alto teor de energia de acordo com a (tabela 1). Em monogástricos a sua utilização é restrita devido ao alto teor de fibra, sendo de 3% para animais em crescimento e terminação e 12-15% para animais de reprodução (SILVA, 2004).

Tabela 1. Composição bromatológica e energética da casquinha de soja em base de matéria natural

	Valores observados
Matéria seca (%)	87,94
Energia bruta (kcal por kg)	3632
Proteína bruta (%)	13,17
Extrato etéreo (%)	2,49
Fibra bruta (%)	34,50
Cinzas (%)	3,76
Cálcio (%)	0,44
Fósforo(%)	0,14
Magnésio (%)	0,19
Cobre (mg por kg)	13,09
Ferro (mg por kg)	864,96
Manganês (mg por kg)	30,96
Zinco (mg por kg)	50,20
Atividade Ureática (dif. de pH)	0,35
FDN (% MS)	60,3
FDA (% MS)	44,6
Lignina (% MS)	4,8

(Silva, 2004)

A utilização de casca de soja na dieta de suínos tem se mostrado eficiente no aumento dos níveis de consumo quando utilizado em percentagens de 12 a 24% na dieta total, com pouco ou nenhum efeito sobre o ganho diário. Os suínos de hoje apresentam uma menor ingestão de alimentos do que os suínos de 10 a 15 anos atrás



e apresentam um ganho diário maior, sendo necessário, então, determinar os níveis adequados de casquinha de soja que permitam manter os mesmos ganhos quando se utiliza ração. BOWERS et al. (2000) sugeriram que baixos níveis de casca de soja podem ser utilizados com sucesso em dietas para suínos em terminação e podem melhorar o ganho de peso diário. Níveis mais elevados de casca de soja também podem ser utilizados, mas com suplementação de energia para atender as exigências de energia dos suínos.

1.4 Influência da Contribuição da Casca de Soja

A casca de soja é um subproduto com grandes perspectivas de uso pela sua disponibilidade e valor nutricional. Segundo GARLEB et al. (1988), a casca de soja poderia substituir o uso de forrageiras de alto valor nutricional, quando oferecido aos animais em quantidade controlado. De acordo com QUICKE et al. (1959) citado por SILVA (2004) ao avaliarem a casca de soja, em ensaios in vitro, encontraram coeficiente de digestibilidade de 96% para a matéria seca, sugerindo que sua fração fibrosa possui alta digestibilidade, mesmo sendo constituída por 70% de parede celular.

SUTTON et al. (2000) citado por SILVA(2004) acrescenta que a adição de 10% de casca de soja e 4,4% de gordura a dietas de suínos em terminação pode ter impacto positivo no meio ambiente, sem afetar o desempenho animal e nem as características da carcaça. A adição de casca de soja reduz a concentração de amônia (20%) e das concentrações hidrogênio sulfídrico (32%) no ambiente. Há, também, uma maior retenção de N e menos volatilização.



1.5 Influência e contribuição da microbiota intestinal dos suínos no aproveitamento dos nutrientes

Ao garantir o equilíbrio intestinal dos animais através da alimentação, mantendo a integridade da parede intestinal e a microbiota benéfica presente no intestino, alguns benefícios são alcançados entre eles a melhor capacidade de absorção de nutrientes que está diretamente ligado a produção de carne e redução de gastos com alimentação. A microbiota intestinal desses animais é importante para o seu desenvolvimento e aproveitamento dos nutrientes. O início do desenvolvimento da microbiota intestinal se dá já no momento do parto através do muco vaginal da fêmea e via amamentação (BERTECHINI & HOSSAIN, 1993). A microbiota que coloniza o intestino do animal no início tende a permanecer durante toda a sua vida, apenas multiplicando-se durante as primeiras semanas de idade até sua estabilização, o que auxilia na resistência à infecções locais no intestino.

A microbiota encontrada no intestino delgado de leitões é predominantemente composta pelos gêneros *Lactobacillus* e *Streptococcus* (TANNOCK, 1999, GHADBAN, 2002). Já em suínos adultos, 90% das bactérias descritas presentes nas fezes dos animais foram dos gêneros *Streptococcus*, *Eubacterium*, *Clostridium* e *Propionibacterium* (SALINITRO et al., 1977). A microbiota intestinal em animais adultos encontra-se mais diversificada que em animais mais jovens, sendo os últimos mais sensíveis à problemas entéricos (LODDI, 2001)

A microbiota que é formada no trato gastrointestinal dos animais é uma unidade metabólica ativa capaz de produzir elementos necessários para o mesmo, competir com os patógenos pelo sítio de localização, influenciar na morfologia da parede intestinal, imunologia e digestão de nutrientes para o hospedeiro (GHADBAN, 2002).



Quando há a proliferação de microrganismos patógenos no intestino do animal, o mesmo tem sua parede espessa, reduzindo as vilosidades e conseqüente eficiência de absorção de nutrientes. Sendo assim, é interessante manter-se o equilíbrio da microbiota intestinal benéfica ao animal (FURLAN et al, 2004).

O tipo de alimento presente na dieta do animal colabora com a manutenção ou não do equilíbrio da microbiota intestinal. O exemplo disso é que há um aumento das bactérias celulolíticas no ceco e cólon de suínos quando os mesmos recebem na dieta altas concentração de polissacarídeos não amiláceos, podendo apresentar em sua fase de crescimento um pior desempenho em função do aumento excessivo de fibras na ração (DIERICK, et al, 1990).

1.6 A Importância do Amido Para Suínos

O amido presente nos cereais constitui a principal fonte de energia para os animais monogástricos. Normalmente está na forma de grânulos formados por dois polímeros de glicose, a amilose (22% a 28%) e amilopectina (72% a 78%), cujo interior do grânulo é composto de regiões cristalinas e amorfas alternadas, formando um complexo organizado (JOY et al. 1997) .

Apresentando somente ligações α -glicosídicas, o amido é potencialmente digerível pelas enzimas amilolíticas secretadas no trato digestivo (ENGLYST & HUDSON, 1996).

Até recentemente, devido à alta produção da α -amilase pancreática, se considerava que o amido era completamente hidrolisado por essa enzima, sendo absorvido no intestino delgado na forma de glicose. Entretanto, certos fatores, tais como relação amilase/amilopectina, forma física do alimento e inibidores enzimáticos, entre outros, podem influenciar a taxa na qual o amido é hidrolisado e



absorvido. Assim, quantidade significativa de amido pode escapar à digestão no intestino delgado e alcançar o cólon, onde é fermentado (WOLF et al. 1999). Para propósitos nutricionais, o amido pode ser classificado como glicêmico ou resistente.

O amido glicêmico é degradado a glicose por enzimas no trato digestivo, podendo ser classificado como amido rapidamente (ARD) ou amido lentamente digerível (ALD) no intestino delgado (CHAMP & FAISANT, 1996).

Já o amido resistente é aquele que resiste à digestão no intestino delgado, mas é fermentado no intestino grosso pela microflora bacteriana (YUE & WARING, 1998). Pode-se dizer, então, que o amido resistente é a fração que não fornecerá glicose ao organismo, mas que será fermentada no intestino grosso para produzir gases e ácidos graxos de cadeia curta, principalmente. Devido a esta característica, considera-se que os efeitos do amido resistente sejam, em alguns casos, comparáveis aos da fibra alimentar e, por este motivo, normalmente é considerado como um componente desta (CHAMP & FAISANT, 1996).

O principal interesse em relação ao amido resistente é o seu papel fisiológico. Por não ser digerido no intestino delgado, este tipo de amido se torna disponível como substrato para fermentação pelas bactérias anaeróbicas do cólon (JENKINS et al., 1998). Dessa forma, essa fração compartilha muitas das características e benefícios atribuídos à fibra alimentar no trato gastrintestinal (BERRY, 1986; MUIR & O'DEA, 1992)

1.7 Metabolismo dos AGV's

A quebra microbiana de polissacarídeos e sua fermentação vão resultar na produção de vários ácidos graxos voláteis, compostos, principalmente de ácido acético, propiônico e butírico (STAGIONAS e PEARCE, 1985).



Segundo BERGMAN (1990) e TEIXEIRA (1995), a concentração de ácidos graxos voláteis presente no trato gastrointestinal está relacionado com o tempo após a ingestão, e a composição da dieta. A produção de ácidos graxos voláteis no intestino grosso dos suínos é influenciada, principalmente pelo tipo e nível de fibra da dieta.

STAGIONAS e PEARCE (1985), observaram que a concentração total de ácidos graxos no intestino grosso aumentou linearmente com o aumento de fibra em detergente neutro ingerida, relataram ainda que os efeitos do nível e da fonte da fibra da dieta na proporção molar dos ácidos graxos da digesta foi variável.

O suprimento energético oferecido pelos ácidos graxos voláteis para os suínos, ainda, é muito discutido. POND (1989) sugeriu que 5 à 25% da energia de manutenção requerida para o crescimento de suíno é fornecido pelos ácidos graxos voláteis; assim como CLOSE (1994), o qual relata que a fibra pode contribuir em mais de 30% da energia requerida citado por Castro et al. (2005). Já DIERICK (1990) comenta que os ácidos graxos voláteis irão fazer apenas uma pequena, contribuição na energia total utilizável para suínos em crescimento/terminação.

STAGIONAS e PEARCE (1985), relataram que ácidos graxos voláteis são facilmente absorvidos pela mucosa intestinal e que as maiores concentrações destes no ceco e na porção proximal do intestino grosso foram alcançados 2-4 horas após a alimentação em suínos.

O aumento da concentração de ácidos graxos voláteis aumenta com o consumo de fibra em detergente neutro pelos suínos, sugerindo que maiores quantidades de substrato fermentativo estarão disponíveis para os microrganismos. Se tal aumento de quantidade de ácidos graxos voláteis é absorvido pelo intestino e metabolizado em energia, então, possivelmente, mais energia poderia ficar disponível para suínos com



o aumento de consumo de fibra detergente neutro na dieta (STAGIONAS e PEARCE, 1985). Como observaram isso?

No entanto, é importante ressaltar que a eficácia de transformação de ácidos graxos voláteis em energia é inferior à eficácia de aproveitamento de carboidratos solúveis, como a glicose (TEIXEIRA, 1995; Castro et al. 2005). LOW (1985) demonstrou que em suínos em crescimento, a eficácia de utilização dos ácidos graxos voláteis corresponde à 75% da eficácia de transformação de glicose em energia.

Na tabela 2 pode-se verificar as espécies de bactérias presentes no intestino grosso e ceco dos suínos e a semelhança destas com as bactérias do rúmen dos bovinos.

Tabela 2. Principais bactérias que degradam a parede celular vegetal presente no trato digestivo de suínos.

Gênero	Substrato	Local
<i>Bacteriódes ruminícola</i>	Hemiceluloses e Pectina	Ceco
<i>Bacteriódes succionagenes</i>	Celulose (hemiceluloses)* Pectinas	Ceco e Cólon
<i>Ruminococcus albus</i>	Celulose, Hemiceluloses e Pectinas*	Ceco e Cólon
<i>Ruminococcus flavefaciens</i>	Celulose, Hemiceluloses e Pectinas*	Ceco e Cólon

*substância degradada, mas o produto final não é absorvido.

() apenas alguns tipos.

Fonte: Adaptada de DAVES (1965), RUSSEL (1979), ROBINSON et al., (1981).

A microbiota intestinal dos suínos contém alta atividade de bactérias de espécies celulolíticas e hemicelulolíticas, a qual incluem *Fibrobacter succinogenes*, *Ruminococcus albus*, *Ruminococcus flavefaciens*, *Butyrivibrio* spp. e *Prevotella ruminicola*, além do *Clostridium herbivorans* uma bactéria de alta atividade celulolítica presente no intestino grosso segundo (VAREL e YEN, 1997).



JENSEN e JORGENSEN (1996) relataram que a maior atividade microbiana foi encontrada no ceco e no cólon proximal, e que a atividade microbiana no estômago e intestino foi maior em suínos que receberam dieta com alto teor de fibra do que o de baixo teor de fibra.

VAREL et al. (1984), observaram que a amostra fecal coletada de porcas cruzadas alimentadas com dieta rica em fibra (35% de farinha de alfafa desidratada) apresentou um número de bactéria celulolítica maior do que amostras de suínos alimentados com dieta à base de milho e soja.

VAREL e POND (1985), analisando amostra fecal de porcas gestantes alimentadas com vários níveis de fontes de fibra (controle grão e soja; 20% de espiga de milho e 40% e 96% de farinha de alfafa), verificaram que o total de bactérias celulolíticas, também aumentou com o aumento da concentração de fibra ou parede celular da planta na dieta. Porém, isso depende da fonte fibrosa, pois quando farinha de alfafa foi oferecida houve um aumento significativamente maior no número total de bactérias celulolíticas quando comparado com a inclusão de 20% de espiga de milho.

Segundo STAGIONAS e PEARCE (1985) a possível queda da digestibilidade da celulose da casca de milho, espiga de milho e casca de aveia se deve ao baixo teor de nitrogênio nessas fibras. Esses autores salientaram, ainda, que é razoável assumir que a fermentação pela bactéria no ceco e no intestino grosso de suínos, como no rúmen, requer adequada concentração de nitrogênio para a ótima atuação.

O número de bactérias, celulolíticas e hemicelulolíticas, aumentaram dentro de 3 dias após o início do fornecimento de dieta de alta fibra (FONTY e GOUET, 1989).



FONTY e GOUET, (1985) relataram que a população bacteriana parece adaptar-se à dieta com alta fibra dentro de 14 dias.

A adaptação da bactéria celulolítica ocorre mais rapidamente no genótipo magro do que no obeso e o número em suínos magros alimentados com dieta de alta fibra aumenta 17 vezes, enquanto aumento não significativo foi observado em suínos magros alimentados com dieta de baixa fibra (FONTY e GOUET, 1985).

A microbiota intestinal dos suínos contém alta atividade de bactérias de espécies celulolíticas e hemicelulolíticas, a qual incluem *Fibrobacter succinogenes*, *Ruminococcus albus*, *Ruminococcus flavefaciens*, *Butyrivibrio* spp. e *Prevotella ruminicola*, além do *Clostridium herbivorans* uma bactéria de alta atividade celulolítica presente no intestino grosso (VAREL e YEN, 1997).

2.0 Metabolismo dos carboidratos e produção dos ácido graxos voláteis pela microbiota

Uma parte dos monossacarídeos que entram na célula microbiana são utilizados em reações de síntese, principalmente de polímeros associados à parede celular. A maior parte deles, no entanto, é fermentada pelas bactérias ruminais pela rota glicolítica de Embden-Meyerhof-Parnas como mostra a figura 2.

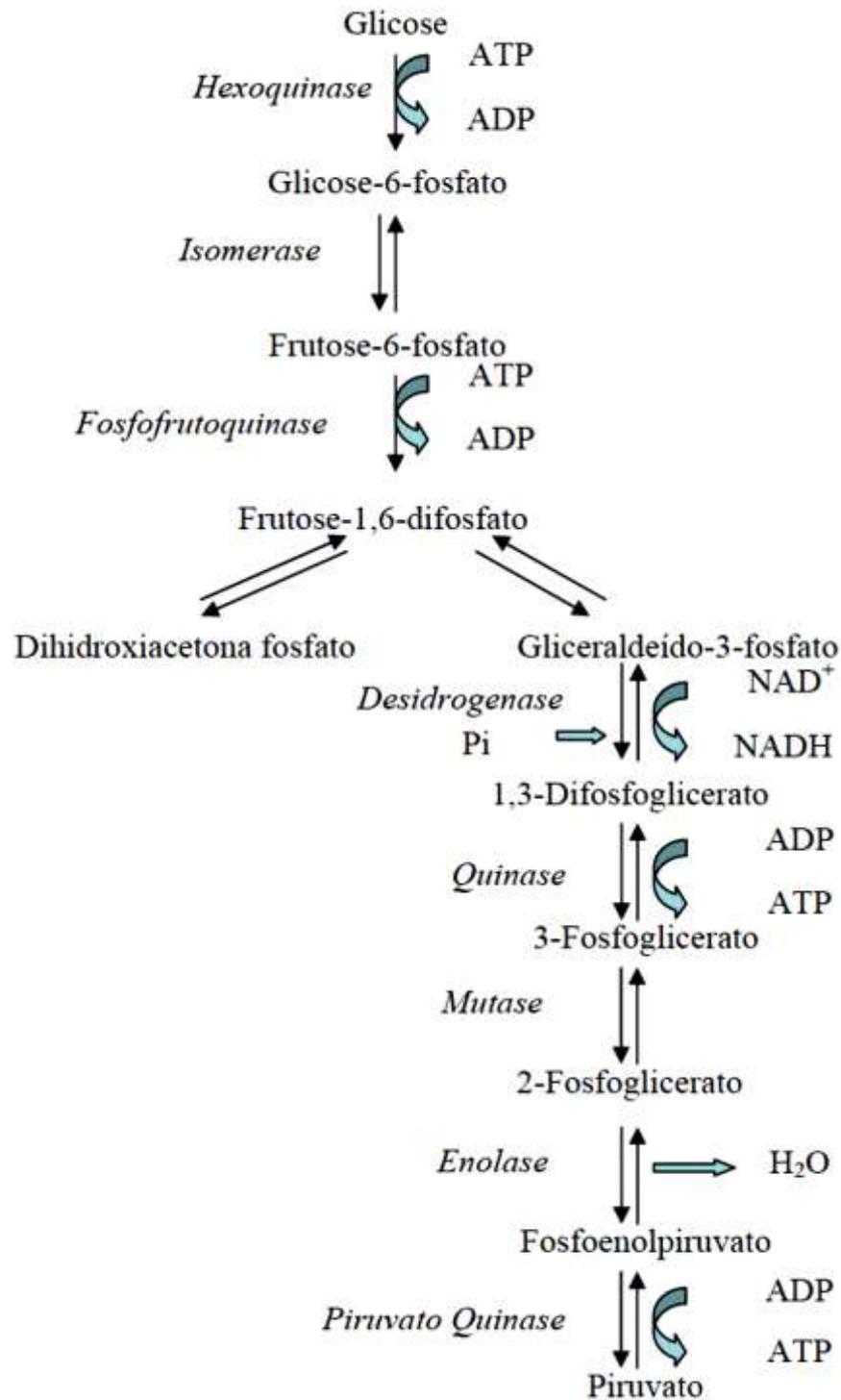


Figura 2. Glicólise via Embden-Meyerhof-Parnas

Fonte: Adaptada de KOZLOSKI 2002.

O piruvato é o intermediário comum do catabolismo dos açúcares pelas bactérias ruminais. A partir do piruvato, várias rotas podem ser utilizadas até a formação dos produtos finais da fermentação.

A formação do acetato a partir do piruvato na fermentação bacteriana é apresentada na figura 2. A molécula de piruvato é degradada para CO_2 e acetil-CoA, sendo a reação catalisada por uma ferredoxina oxirredutase.

A seguir, a coenzima A é substituída por um grupo fosfato formando acetil-fosfato e, na última fase, é liberado acetato e ATP. Dos produtos da fermentação ruminal, o acetato é o menos reduzido e a sua formação determina o máximo de rendimento em ATP para a bactéria.

A formação de acetato a partir de piruvato na fermentação bacteriana é mostrada na figura 3, (KOZLOSKI, 2002).

A oxidação completa de uma molécula de glicose para acetato resulta na formação de dois acetatos e quatro moléculas de ATP.

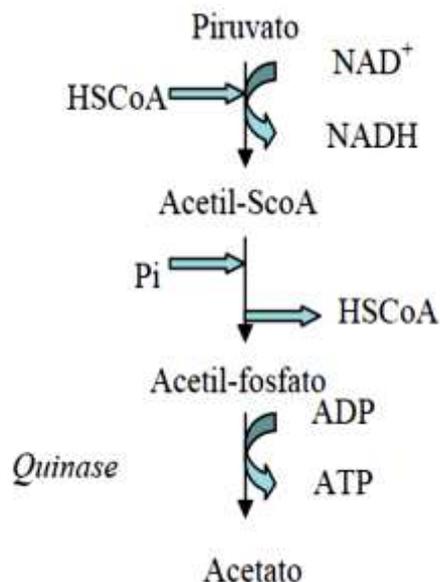


Figura 3. Formação de acetato pela fermentação bacteriana ruminal. HSCoA = coenzima-A; Pi = fosfato inorgânico.

Fonte: Adaptada de KOZLOSKI 2002.

O propionato pode ser formado por duas rotas diferentes: a do succinato ou do acrilato. Algumas espécies das bacterianas são hábeis em produzir succinato, mas somente algumas poucas descarboxilam succinato via succinil-Scoa. A formação de propionato pela rota do acrilato não envolve síntese de ATP (KOZLOSKI, 2002). As bactérias produzem propionato por esta rota metabólica a partir de lactato liberado no rúmen por outras espécies (figura 4 e 5).

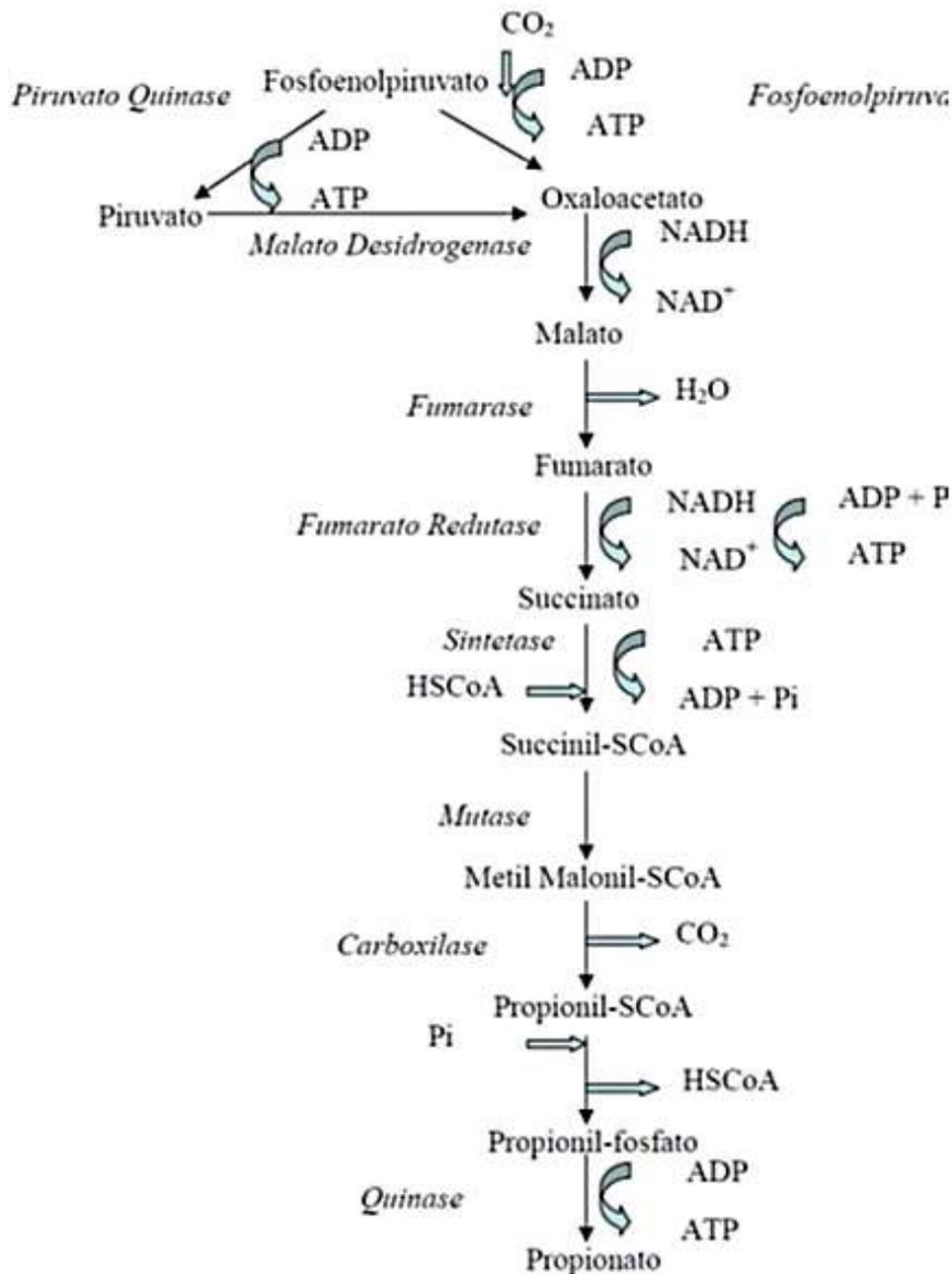


Figura 4. Formação de propionato pela via succinato

Fonte: Adaptada de KOZLOSKI 2002.

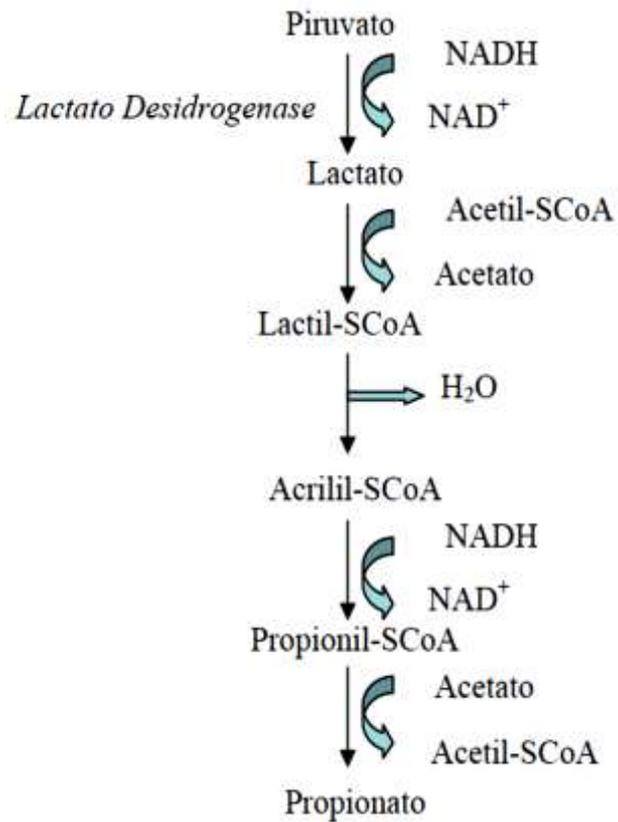


Figura 5. Formação de propionato pela via acrilato

Fonte: Adaptada de KOZLOSKI 2002.

Espécies bacterianas produzem butirato, mas existem algumas bactérias ruminais que são especialmente produtoras deste AGV, em que a síntese, nestas últimas, não são influenciada pela pressão de H₂ (figura 6).

A partir do Piruvato

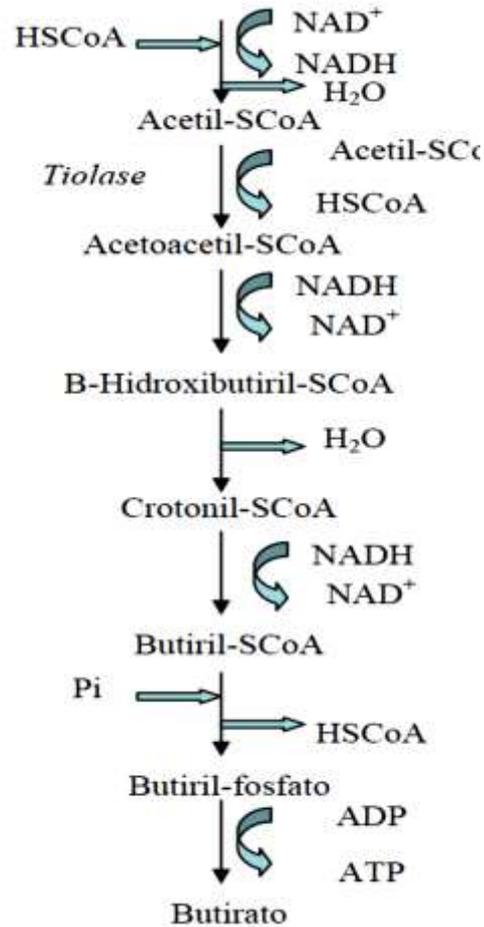


Figura 6. Formação do butirato pela fermentação bacteriana ruminal
Fonte: Adaptada de KOZLOSKI 2002.

3.0 Técnica de Determinação da Digestibilidade dos Alimentos

3.1 Digestibilidade *In vitro*

A obtenção de estimativas de digestibilidade dos alimentos constitui aspecto básico para o conhecimento de seu valor energético, notadamente via nutrientes digestíveis totais (NDT), permitindo o balanceamento adequado de dietas que propiciem o atendimento das demandas para manutenção e produção dos animais. No entanto, mesmo constituindo parâmetro digestivo estático, ou seja, podendo ser



representado por uma estimativa pontual, o acesso à digestibilidade de um alimento ou de seus respectivos componentes químicos constitui processo oneroso e demorado, sobretudo quando realizado pelos métodos clássicos *in vivo*.

Embora, métodos alternativos para estimação de parâmetros da digestibilidade tenham sido desenvolvidos em ambientes *in situ* e *in vitro*, tanto por vias gravimétricas (TILLEY & TERRY, 1963; GOERING & VAN SOEST, 1975) quanto metabólicas (SCHOFIELD et al. 1994), as estimativas têm apresentado vícios substanciais em relação aos valores observados *in vivo* para alimentos produzidos em condições tropicais (VIEIRA et al. 2000; DETMANN et al. 2005). De forma alternativa aos métodos biológicos, a utilização da composição química dos alimentos como método de predição da digestibilidade em animais tem sido sugerida por diversos autores (CONRAD et al. 1984; WEISS et al. 1992; VAN SOEST, 1994).

3.2 Técnica de indicadores de digestibilidade

A digestibilidade e o consumo são dois dos principais componentes que determinam a qualidade de um alimento (SALIBA, 2005). O método de coleta total de fezes associado com uma estimativa de digestibilidade, tem sido utilizado para determinação do consumo animal, entretanto, requer rigoroso controle da ingestão e excreção, que o torna trabalhoso e oneroso (BERCHIELLI et al. 2000).

Por isso, o uso de indicadores de produção fecal vem se destacando na substituição da coleta total de fezes, e esta, por sua vez, tornando-se base de referencia para validação do uso desses indicadores (OLIVEIRA, 1997).

Indicador é o termo usado para denominar o material usado na estimativa qualitativa ou quantitativa de fenômenos fisiológicos ou nutricionais. Um indicador,



portanto, é uma referência, um composto usado como monitor químico (hidrólise e síntese) e físico (fluxo) de aspectos da digestão e/ou de metabólicos (OWENS e HANSON, 1992).

São classificados em duas categorias internos e externos. Os internos são constituintes naturais das dietas e não são digeridos nem absorvidos pelo organismo animal, tais como sílica, lignina, nitrogênio fecal, cromogênio, n- alcanos, FDNi, FDAi e cinza insolúvel. Enquanto que, os indicadores externos consistem numa variedade de compostos inertes como óxido crômico, titânio, elementos terras raras utilizados para determinação da produção fecal, existem indicadores externos utilizados com outro objetivo como cromo mordente (utilizado na fase sólida), cobalto (EDTA), cromo (EDTA) e polietilenoglicol (PEG), são utilizados na fase líquida.

3.2.1 Óxido crômico

O óxido crômico (Cr_2O_3) foi inicialmente proposto como indicador em 1918 em estudos com vacas leiteiras e desde então, este composto vem sendo extensivamente utilizado como indicador externo em ensaios de digestibilidade. Ele pode ser utilizado na forma radioativa ou não e apresenta como características ser de coloração verde escura, parcialmente insolúvel em água, álcool e acetona, mais ligeiramente solúvel em ácidos e álcalis (EDIM, (1918); KOTB e LUCKET, (1972) citado por RODRIGUES *et al.*,(2006)). Normalmente, a concentração do óxido crômico nas fezes de suínos alcança o equilíbrio em torno 6 a 7 dias após o início do seu fornecimento.

O cromo também pode ser empregado de forma ligada á parede celular, complexo denominado Cromo – mordente (ÚDEN et al. 1980 citado por



RODRIGUES et al. (2006), cuja técnica de utilização, conhecida como dose pulso, amplamente empregada em estudos de cinética de trânsito, consiste na aplicação de uma única dose e subsequente amostragem fecal a tempos definidos, com vistas a caracterizar a curva de excreção do indicador nas fezes (BURNS et al. 1994), posteriormente ajustada por meio de modelos matemáticos não-lineares.

3.2.2 Lignina purificada e enriquecida (LIPE[®]) E NANOLIPE

Nos últimos anos, muitas pesquisas relacionadas ao estudo da composição químico estrutural e das propriedades físico-químicas da lignina foram realizadas, em função, principalmente, do interesse da sua eliminação como contaminante da celulose destinada à indústria de papel (VASCONCELLOS, 2004).

SALIBA et al. (1999) e SALIBA et al. (2016), utilizaram os resíduos da cultura do milho e da soja para isolamento da lignina por meio de solventes orgânicos. As ligninas isoladas incubadas no rúmen durante 24 horas não sofreram alterações e quando observadas ao microscópio eletrônico de varredura não foram identificadas bactérias ou colônias de bactérias nas ligninas incubadas. Através deste estudo concluiu-se que as ligninas isoladas dos resíduos da cultura do milho e da soja são indigestíveis. Com base nessa informação e nos estudos estruturais e ultraestruturais da lignina (SALIBA, 1998; SALIBA et al., 2000) iniciaram-se os estudos de avaliação da lignina isolada como indicador externo de digestibilidade. Em um trabalho conduzido por SALIBA et al. (1999) a lignina isolada da palha de milho foi testada como indicador externo em ovinos, sendo comparada com o método de coleta total de fezes e outros indicadores utilizados em ensaios de consumo e digestibilidade. A partir de então, novas fontes foram estudadas para isolamento da lignina.



Em 2002, pesquisadores da (Escola de Veterinária) EV-UFMG começaram a trabalhar a molécula da lignina, no sentido de otimizar a sua determinação nas fezes.

SALIBA et al. (2003) isolaram a lignina e a enriqueceram com grupamentos fenólicos não comumente encontrados na lignina da dieta animal. Esse trabalho deu origem a um hidroxifenilpropano modificado e enriquecido denominado LIPE[®], um indicador externo de digestibilidade desenvolvido especificamente para pesquisas, após o LIPE[®] tem-se pesquisado novos indicadores, dentre estes os de nano partículas (NANOLIPE[®]) que são definidos como aqueles que possuem diâmetro variando entre 0,1 nm a 100 nm; ou seja 100 µm a 100000 µm. Estas partículas apresentam propriedades diferentes devido ao tamanho peculiar. Dentre estas propriedades, ressaltamos aquelas relacionadas ao metabolismo e principalmente às ligadas a dispersão e homogeneização. Baseado no princípio de que nano partículas possuem maior velocidade de dispersão, estas se misturarão mais rapidamente e de forma otimizada à digesta animal.

3.2.3 Dióxido de Titânio

O dióxido de titânio (TiO₂) é insolúvel em água e em ácidos diluídos, não sendo absorvido pelas plantas (MARAIS, 2000). Segundo PEDDIE (1982), é um pó de coloração branca, sem odor ou gosto.

Um dos primeiros trabalhos com (TiO₂) foi realizado por LEHMANN e HERGET (1927). Esses autores relataram que a ingestão de grandes quantidades de TiO₂, em diferentes espécies, não resultou na deposição dessa substância em tecidos animais.

O interesse de estudar o TiO₂ como indicador veio da necessidade de que o indicador mais utilizado, óxido crômico (Cr₂O₃), divergia de resultados quando



utilizado em espécies ruminantes e também devido à sua variação de excreção diurna.

O TiO_2 pode ser usado como indicador para estudos de digestibilidade e pode ser adicionado legalmente à dieta como um aditivo de cor em quantidades que não excedam a 1% do produto acabado (AAFCO, 1996), constituindo-se, portanto, potencial alternativa ao Cr_2O_3 , que não é aprovado como aditivo dietético pelo FDA (EUA). Ademais, segundo VALADARES FILHO *et al.* (2006), outra vantagem competitiva do TiO_2 diz respeito ao seu custo, relativamente menor.

3.2.4 Taxa de passagem (tempo de transito)

Estudos utilizando marcadores de soluto e de partículas demonstraram que o tempo gasto para a recuperação de 15 e 85% dos marcadores nas fezes variaram 15-43 h para o marcador de soluto e 19-60 h por partículas com menos de 2 x 2 mm. O Fluido deixa o estômago mais rapidamente do que as partículas sólidas que são retidas seletivamente de acordo com o seu tamanho. Assim, dependendo da composição da dieta e do tamanho das partículas, o bolo alimentar permanece no estômago durante 0-6 horas, ou ainda mais tempo em porcos adultos; CLEMENDS and STEVENS (1975), WARNER (1981), LATYMER, LOW, FADDEN, *et al.*; (1990). O tempo de trânsito no intestino delgado, pode variar de menos de 2 até 6 horas, ao passo que 70-85% do tempo gasto para a passagem do intestino é no ceco e no cólon, onde a digesta permanece por 20-43 h LOW e ZEBROWSKA (1989). O efeito do teor em fibra, o esvaziamento gástrico e trânsito no intestino delgado é controversa, mas um elevado teor de fibra mais digestiva na dieta pode diminuir o trânsito em todo o intestino delgado através de um efeito combinado. A alimentação volumosa vai estimular a motilidade do cólon e levar a menor tempo de trânsito no

cólon. Assim é muito importante se estudar a taxa de passagem dos alimentos para verificação de como um mesmo se comporta em diversas categorias animais, além de avaliar a eficiência de absorção e aproveitamento de cada animal para os alimentos utilizados na sua dieta.

4.0 Técnicas Instrumentais para Avaliação do teor de Titânio

4.1 Técnica do espectrofotômetro ultravioleta (UV) SP-220 (padrão)

A Colorimétrica e a Espectrofotometria de ultravioleta (UV) podem ser conceituadas como um procedimento analítico o qual se determina a concentração de espécies químicas pela absorção de energia radiante (luz).

A luz pode ser entendida como uma forma de energia, de natureza ondulatória, caracterizada pelos diversos comprimentos de onda (λ , expressos em μm ou nm) (Figura 7) e que pode interagir com a matéria, sendo que parte de sua energia é absorvida por elétrons da eletrosfera dos átomos constituintes das moléculas.

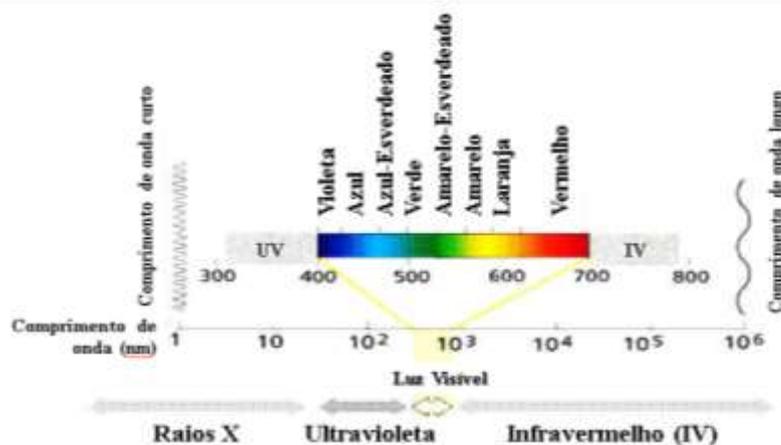


Figura 7. Espectro de absorção de luz em diversos comprimentos de onda (λ).

Fonte: www.infoescola.com.br

Uma solução quando iluminada por luz (UV), apresenta uma absorção parcial dos vários comprimentos de onda que a compõem, e que pode ser analisado por um espectrofotômetro (Figura 8). Esta absorção depende da natureza da substância, de sua concentração e da espessura da mesma que é atravessada pela luz, em cada comprimento de onda específico.

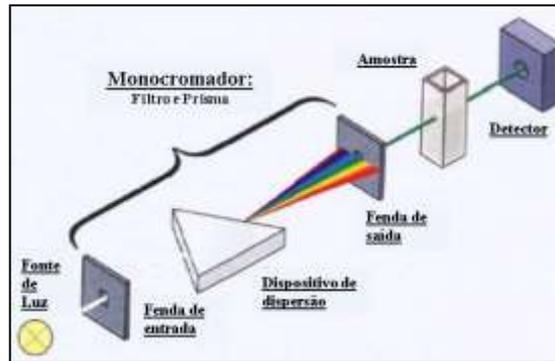
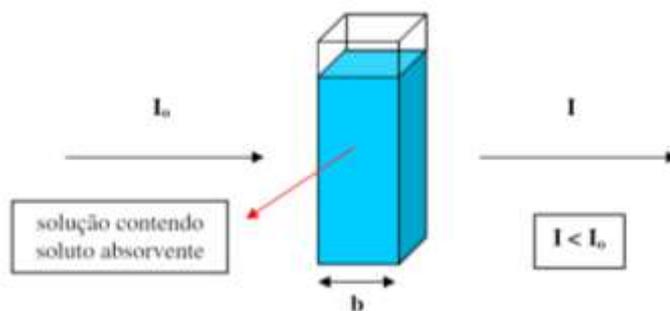


Figura 8. Componentes e funcionamento de um espectrofotômetro para análise da absorção de um determinado comprimento de onda específico de uma solução.

Fonte: www.infoescola.com.br

O cálculo dessa análise é realizado através de uma equação que se baseia na lei de **Lambert-Beer**, que diz que a absorbância é proporcional à concentração da espécie química absorvente, sendo constante o comprimento de onda, a espessura atravessada pelo feixe luminoso e demais fatores. Verifica-se uma relação linear entre absorbância ou densidade ótica e concentração, assim uma relação logarítmica entre transmitância e concentração.



c = concentração da espécie química absorvente
 b = espessura atravessada pelo feixe luminoso



I_0 = intensidade de luz incidente
 I = intensidade de luz emergente (transmitida)

$$Ab = 2 - \log T$$

4.2 Difração a Laser (PARTICA)

A técnica de difração a laser baseia-se no princípio (difração Fraunhöffer), que sugere que quanto menor o tamanho da partícula, maior o ângulo de difração de um feixe luminoso que atravessa uma população de partículas. Essa técnica não mede partículas individuais. Através de transformações matemáticas complexas (transformada de Fourier inversa), calcula-se uma estatística de distribuição de tamanho dessa população de partículas (SALIBA, 2009).

Segundo SALIBA (2009), a técnica do aparelho Partica LA 950 Horiba®, analisa o tamanho das partículas por difração a laser, uma nuvem de representação ou «conjunto» de partículas passa através de um feixe de luz laser ampliado, que espalha a luz incidente sobre uma lente de Fourier. Esta lente focaliza a luz dispersada sobre um conjunto de detectores e, usando um algoritmo de inversão, uma distribuição de tamanho de partícula é inferida a partir da difração de dados coletados de luz. Dimensionamento de partículas usando esta técnica depende do correto, reprodutível, de alta resolução de dispersão de luz para assegurar a plena caracterização da amostra. Esses instrumentos de difração de laser usam Modem Mie teoria como base dos cálculos de seu tamanho. Como Mie Teoria que abrange toda dispersão de luz por partículas esféricas, os dados de ambos os PIDS (Polarization Intensity Differential Scattering) e dados de difração de raios laser pode ser transformada em uma distribuição de tamanho de partículas, usando um algoritmo contínuo. Abaixo de $5\mu\text{m}$, é necessário considerar o índice de refração e de extinção



das partículas e usar-se a equação de Mie para obter-se resultados quantitativos confiáveis.

A técnica de análise de tamanho de partículas por difração de laser é utilizada em diversos ramos industriais devido à sua facilidade de operação, rapidez e amplitude de leitura. Por este método, as partículas são dispersas num fluido em movimento causando descontinuidades no fluxo do fluido, que são detectadas por uma luz incidente, e correlacionadas com o tamanho de partícula. Ao atingir uma quantidade de partículas, a luz incidente sofre uma interação segundo quatro diferentes fenômenos (difração, refração, reflexão e absorção) (HILDEBRAND, 2001), formando um invólucro tridimensional de luz. O formato e o tamanho deste invólucro são afetados pelo índice de refração relativo da partícula no meio dispersante, pelo comprimento de onda da luz, e pelo tamanho e formato da partícula. 34 Detectores estrategicamente posicionados medem a intensidade e o ângulo da luz espalhada. O sinal dos detectores é então convertido para a distribuição de tamanho de partícula através de algoritmos matemáticos (ALLEN, 1997).

5.0 Referências Bibliográficas

AAFCO (1996) **Association of American Feed Control Officials**. Official Publication. p: 230.

ALLEN, M. S. Relationship between fermentation acid production in the rumen and the requirement for physically effective fiber. **J. Dairy Sci**, v.80, p.1447–1462, 1997.

ANDRIGUETTO, J.M.; PERLY, L.; MINARDI, I.; GEMAEL, A.; FLEMMING, J.S.; SOUZA G.A.; BONA FILHO A. **Nutrição Animal: as bases e os fundamentos da nutrição animal**. 4. ed. São Paulo: Nobel, 1981. v.1. 395p.



BERCHIELLI, T.T.; ANDRADE, P.; FURLAN, C.L. Avaliação de indicadores internos em ensaios de digestibilidade. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.29, n.3, p. 830-833, 2000.

BERGMAN E.N. Energy Contributions of Volatile Fatty Acids From the Gastrointestinal Tract in Various Species. *Physiol Rev* **70** : 567 – 590, 1990.

BERTECHINE, A. G.; HUSSAN, S. M. O fantástico mundo dos probióticos. Campinas, SP: **Biotech**, p.97, 1993.

BERRY, C.S. Resistant starch: formation and measurement of starch that survives exhaustive digestion with amylolytic enzymes during the determination of dietary fibre. *J Cereal Sci*, v.4, p.301-314, 1986.

BRETT, C. T.; WALDRON, K.W. **Physiology and biochemistry of plant cell walls**. 2thed. Cambridge C&H Books, 1996.0

BRASIL MAPA, **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**, 2012. Suínos. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/animal/especies/suinos>>. Acesso em 20 dezembro 2016.

BOWERS, K.A. et al. Evaluating inclusion levels of soybean hulls in finishing pig diets. *Swine Day-Purdue University*. August, p.39-42, 2000.

BROUWER, E. Report of Sub-Committee on Constants and Factors. *Proc. 3rd Symp. on Energy Metabolism*, **EAAP Publ.** n° 11, p.441-443, 1965.

BURNS, J.C., POND, K.R., FISHER, D.S. 1994. Measurement of forage intake. In: FAHEY JR., G.C. (Ed.) *Forage quality, evaluation, and utilization*. Winsconsin: **American Society of Agronomy**. p.494-532.

CAMPOS, J. **Curso de Avicultura**. Viçosa, UREMG, 2009. 215p.



CASTRO, JR.,F.G.; CAMARGO , J.C. de M.; CASTRO, A. M. M. G. de.; BUDIÑO, F.E. L.; FIBRA NA ALIMENTAÇÃO DE SUÍNOS **B. Industr.anim., N. Odessa**,v.62, n.3, p.265-280, 2005.

CLEMENS and STEVENS (1975) **Site of organic acid production and pattern of digesta** movement and Low and Zebrowska, 1989 (fra Lewis s. 49).

CHWALIBOG, A. Physiological basis of heat production – The fire of life. **Research School of Nutrition and Physiology**, September, 2004.

CHWALIBOG, A. Energetics of Animal Production. **Acta Agric. Scand**, v. 41, p. 147-160, 1991.

CLOSE, W. H. Fibrous diets for pigs. **Pig News Information**, Oxon, v. 15, p. 65, 1994.

CONRAD, H.R.; WEISS, W.P.; ODWONGO, W.O. et al. Estimating net energy lactation from components of cell solubles and cell walls. **Journal of Dairy Science**, v.67, p.427-436, 1984.

CHAMP, M.; FAISANT, N. Resistant starch: **analytical and physiological aspects**. Bol SBCTA, v.30, n.1, p.37- 43, 1996.

CHURCH, D. C., POND, W. G. **Basic animal nutrition and feeding**. 3 ed. New York: John Wiley, 1988, p. 17-64.

DAVIES, M. E. Cellulolytic bacteria in some ruminants and herbivores as shown by fluorescent antibody. **Journal of Genetic Microbiology**, London, v. 39, p. 139-141, 1965.

DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; CECON, P.R.; VALADARES FILHO, S.C.; ZERVOUDAKIS, J.T.; CABRAL, L.S.; LEÃO, M.I.; LANA, R.P.; PONCIANO, N.J. Níveis de proteína em suplementos para terminação de bovinos em pastejo



durante o período de transição seca/águas: Consumo voluntário e trânsito de partículas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, p.1371-1379, 2005.

DIERICK, N.A.; VERVAEKE, I.J.; DECUYPERE, J.A.; HENDERICKX H.K. Bacterial protein synthesis in relation to organic matter digestion in the hingat of growing pig; contribution of hindgut fermentation to total energy supply and growth performances. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, Oxford, v.63, p.220-235, 1990.

EASTWOOD, M. A. The physiological effect of dietary fiber: an update. **Annual Review of Nutrition**, Palo Alto, v.12, p.19-35, 1992.

EDIN, H. Orienterande forsok over anvanbarheten av en pa "ledkroppsprincipen" grundad metod at bestamma en foderblandings smalbarhed. Medd. Centralanst. Foersoeksvaes. **Jordbruksomraadet** 165, 28 (In Swedish), 1918.

ENGLYST, H.N.; HUDSON, G.J. The classification and measurement of dietary carbohydrates. **Food Chem**, v.57, n.1, p.15-21, 1996.

FARIA, D.E.; SANTOS, A.L. Exigências nutricionais de galinhas poedeiras. In: **SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE AVES E SUÍNOS**, 2º, 2005, Viçosa. Anais ... Viçosa: Ltda, 2005. p.315-329.

FERREIRA, W. M. **Caderno de Nutrição de Não- Ruminantes** UFMG- Escola de Veterinária, Departamento de Zootecnia 2004.

FERREIRA, W. M. Os componentes da parede celular vegetal na nutrição de não-ruminantes. In: **SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO DE NÃO-RUMINANTES**, 31., 1994, Maringá. Anais... Maringa: SBZ, 1994. p.85-113.

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



FURLAN, R. L.; MACARI, M.; LUQUETTI, B. C. Como avaliar os efeitos do uso de aprobióticos, prebióticos e flora de execução competitiva. In: *Simpósio técnico de incubação, matrizes de corte e nutrição*, 5, 2004.

GARLEB, K. A., FAHNEY, G. C., LEWIS, S. M., KERLEY, M. S., MONTGOMERY, L. Chemical composition and digestibility of fiber fractions of certain by-products feedstuffs fed to ruminal. *Journal Animal Science*. v. 66, p. 2650-2660, 1988.

GHADBAN, G.S. Probiotics in Broiler production- a review. *Arch.Geflugelk*, v.66, n.2, p.49-58, 2002.

GOMES, J.D.F. et al. Efeitos do incremento de fibra em detergente neutro (FDN) sobre a histologia intestinal de suínos em fase final de terminação. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. Anais... Piracicaba: *Sociedade Brasileira de Zootecnia*, 2001. CD-ROM.

GOMES, J.D.F. et al. Efeitos do incremento de fibra em detergente neutro sobre a histologia do epitélio intestinal de suínos em recría. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35, 1998, Botucatu. Anais... Botucatu: *Sociedade Brasileira de Zootecnia*, 1998a .CD-ROM.

GOMES, J.D.F. et al. Efeitos do incremento de fibra em detergente neutro sobre o desempenho; características de carcaça e morfologia do trato gastrointestinal de suínos em recría. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35, 1998, Botucatu. Anais... Botucatu: *Sociedade Brasileira de Zootecnia*, 1998b. CD-ROM.

GOERING, H.K.; VAN SOEST, P.J. Forage fiber analysis (Apparatus, reagents, procedures and some applications). Washington, DC: *USDA*, 1975. (Agricultural Handbook, 379).



GONCALVES, Liliane Maria Piano et al . Net energy levels for finishing barrows. **Cienc. Rural**, Santa Maria , v. 45, n. 3, p. 464-469, mar. 2015 .

HATFIELD, R. D. Structural polysaccharides in forages and their degradation. **Agronomy Journal**, Madison, v.81, n.1, p.39-46, 1989.

HILDEBRAND, H. Refractive Index Considerations in Light Scattering Particle Size Measurements in Advances in Process Control Measurements for the Ceramic Industry, A. Jilavenkatesa and G. Onoda, ed., **American Ceramic Society**, Westerville, OH p. 379, 1999 apud JILLAVENKATESA, A.; DAPKUNAS S. J.; LUM L.H. GOETZEL, G. C. Particle Size Characterization, NIST Recommended Practice guide - Special Publication 960-1, Washington, 2001.

JENSEN, B. B.; JORGENSEN, H. Effect of dietary fiber on microbial activity and microbial gas production in various regions of the gastrointestinal tract of pigs. **Pig News Information**, Oxon, v.17, n.13, p.308, 1996.

JENKINS, D.J.A. et al. Physiological effects of resistant starches on fecal bulk, short chain fatty acids, blood lipids and glycemic index. **J Am Coll Nutr**, v.17, n.6, p.609-616, 1998.

JIN, L. et al. Effects of dietary fiber on intestinal growth, cell proliferation, and morphology in growing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.72, p.2270-2278, 1994.

JOSÉ, VIVIAN de ARO. Digestibilidade e Valores energéticos de alimentos extrusados para cães /Vivian de Aro José. – Lavras : UFLA, 2009. 78 p. : il. **Dissertação de mestrado.**

JOHNSTON, L.J. et al. Feeding by-products high in concentration of fiber to non-ruminants. In: **THIRD NATIONAL SYMPOSIUM ON ALTERNATIVE FEEDS FOR LIVESTOCK AND POULTRY HELD IN KANSAS CITY**. Proceedings... Kansas City: 2003. p. 1-26.



JOY, M.T.; DePETERS, E.J.; GADEL, J.G.; ZINN, R.A. Effect of corn processing on the site and extent of digestion in lactating cows. *J Dairy Sci*, 80:2087-2097, 1997.

JUNG, H.G. Forage lignins and their effects on fiber digestibility. *Agronomy Journal*, Madison, v.81, n.1, p.33- 38, 1989.

KOZLOSKI, G. V. Bioquímica dos Ruminantes. Santa Maria: UFSM, 2002. 140p.

LATYMER EA, LOW AG, FADDEN K, et al. 1990.: Measurement of transit-time of digesta through sections of gastrointestinal-tract of pigs feedwith diets containing various sources of dietary fiber (nonstarch polysaccharides) Source: *Archive fur tierernahrung-Archivesof animal nutrition* Volume: 40 Issue: 8 Pages: 667-680 Published: AUG 1990.

LEHMANN, K.B.; HERGET, L. Studien über die hygienisehen eigenschaften des Titandioxyds und des Titanweiss. *Chemiker Ztg*. Vol 51, n. 793, 1927.

LODDI, M.M. et al. Effect of the use of probiotic and antibiotic on the performance, yield and carcass quality of broilers. *Revista brasileira de zootecnia-brazilian journal of animal science*, v.29, n.4, p.1124-1131, 2001

LOW, A. G.; and ZEBROWSKA, t. 1985. Digestion in pigs. In Protein Metabolism in Farm Animals, Evaluation, *Digestion, Absorption and Metabolism*. Eds., Oxford University Press, Oxford, U.K., 53.

LOW,A. G., e ZEBROWSKA, H. 1989. “Digestion in pig”, In: *Protein Metabolism in Farm Animals*. Pp. 53-121. Oxford, England: Oxford University Press.

MAPA: **MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO**. Disponível em:< <http://www.agricultura.gov.br/animal/> especies/suinos> acesso em dezembro 2016.



MARAIS, J. P. Use of markers. In: D' MELLO, J. P. F. (Ed.) *Farm animal metabolism and nutrition*. Wallingford: CAB International, 2000, p. 255-277.

MOORE, R. J. et al. Growth nutrient utilization and intestinal morphology of pigs fed high-fiber diets. *Journal of Animal Science*, Champaign, v.66, p. 1570-1579, 1988.

MONTAGNE, L.; PLUSKE, J.R.; HAMPSON, D.J. A review of interactions between fiber and the intestinal mucosa, and their consequences on digestive health in young non-ruminant animals. *Animal Feed Science and Technology*, Amsterdam, v.108, p.95-117, 2003.

MUIR, J.G.; O'DEA, K. Measurement of resistant starch: factors affecting the amount of starch escaping digestion in vitro. *Am J Clin Nutr*, v.56, p.123-127, 1992.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrients requirements of Swine*. 10.ed. Washington National Academic Science, 1998. 189 p.

NOBLET, J. & VAN MILGEN, J. (2004). Valor energetic on pigs aliment : efeito do peso corporal dos suínos e sistema de avaliação da energia. *Journal of animal Science* 82 (E. Supl.), E229-E238.

NOBLET, J., 1996. Digestive and metabolic utilization of energy in pig feeds: *comparison of energy systems*. In : P.C. Garnsworthy, J. Wiseman and W. Haresign

NOBLET, J., and Y. HENRY. 1993. Energy evaluation systems for pig diets: a review. *Livest. Prod. Sci.* 36: 121-141.

NOBLET J., PEREZ, J. M. 1993. Prediction of digestibility of nutrients and energy values of pig diets from chemical analysis. *J. Anim. Sci.* 71:3389-3398.

OLIVEIRA, M.F.; LEITE, R.M.V.B.C.; CASTIGLIONI, V.B.R. A cultura do girassol. Goiânia: *EMBRAPA-CNPSO*, 1997. N.3. Folder.



OWENS, F.N.; HANSON, C.F. External and internal markers for appraising site and extent of digestion in ruminants. **Journal of Dairy Science**, v.75, n.9, p. 2605-2617, 1992.

PEDDIE, J.; DEWAR, W.A.; GILBERT, A.B.; WADDINGTON, D. The use of titanium dioxide for determining apparent digestibility in mature domestic fowls (*Gallus domesticus*). **J. Agric. Sci.**, v.99, p.233-236, 1982.

RODRÍGUES N.M.; SALIBA, E.O.S.; GUIMARÃES JR, R. Uso de indicadores para estimativa de consumo a pasto e digestibilidade. In: **REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA**, 43, 2006, João Pessoa - PB. **Anais...** João Pessoa: SBZ, 2006, p. 263-288.

ROSTAGNO, H.S., ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L.; GOMES, P.C.; OLIVEIRA, R.F.; LOPES, D.C.; FERREIRA, A.S.; BARRETO, S.L.T. Composição de alimentos e exigências nutricionais de aves e suínos (**Tabelas Brasileiras**). Viçosa, UFV, Imprensa Universitária, 186p. 2007.

SALIBA E.O.S., PILO-VELOSO, D., RODRIGUEZ, N., CAPANEMA, E., SALIBA, J., BORGES, A., GONÇALVES, L., BORGES, I., JAYME, D. e SILVA, R Caracterização da Lignina antes e depois da Exposição ao Trato Gastrointestinal de Ruminantes. **American Journal of Analytical Chemistry**, **7**, 748-753. 2016. doi: [10,4236 / ajac.2016.711067](https://doi.org/10.4236/ajac.2016.711067) .

SALIBA E. de O. S.; OLIVEIRA M. C. de, FARIA E. P., RODRIGUEZ N. M., RIBEIRO L. G. P, BORGES I., MOREIRA G. R. Avaliação da concentração de amido na raiz de genótipos de mandioca através das técnicas enzimáticas, Espectroscopia no Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIV) e análise particular por difração a laser (Partica). 46ª **Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, pag.1-3, 2009- Maringá- PR.



SALIBA, E.O.S. Uso de indicadores: passado, presente e futuro. In: **TELECONFERÊNCIA SOBRE INDICADORES EM NUTRIÇÃO ANIMAL**, 2005, Belo Horizonte – MG: Escola de Veterinária da UFMG, 2005. p. 04-22.

SALIBA, E. O. S.; RODRIGUEZ, N. M.; VELOSO, D. P.; TEIXEIRA, G. L.; RIBEIROS, S. L. M. Estudo comparativo da digestibilidade pela técnica da coleta total com a lignina purificada como indicador de digestibilidade para ovinos em experimento com feno de tifton 85. In: **REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA**, 40., 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria- RS, S.B.Z., 2003.

SALIBA, E.O.S., RODRIGUEZ, N.M., PILÓ-VELOSO, D., *et al.* Estudos de caracterização química das ligninas dos resíduos agrícolas de milho e de soja. In: **REUNIÃO ANUAL DA SBZ**, 37, 2000, Viçosa. **Anais...** n.i : n.i, 2000. p.n.i.

SALIBA, E. O. S.; RODRÍGUEZ, N. M.; GONÇALVES, L. C.; VELOSO, D.P.; MORAIS, S.A.L. Estudo comparativo da lignina isolada da palha de milho com outros indicadores em ensaio de digestibilidade aparente. In: **REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA**, 36., 1999, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre, 1999.

SALIBA, E. O. S.; RODRIGUEZ, N. M.; GUIMARÃES, A. M. Consumo, digestibilidade aparente do resíduo de cultura de milho tratado ou não tratado com hidróxido de sódio e suplementado com uréia para ruminantes. **Arq. Brás. Vet. Zootec.**, v. 50, n. 6, p. 717-720, 1998.

SALINITRO, J. P.; Blake, I. G.; Muirhead, P. A... Isolation and identification of fecal bacteria from swine. **Appl. Environ. Microbiol.** v.33, p.79-84, 1977.

SANTOS, V.E; JÚNIO, F.P.; **Produção não-madeireira e desenvolvimento Sustentável na Amazônia** - Análise e crítica tecnológica: babaçu estudo de caso e potencial de produção. ITTO (Organização Internacional de Madeiras Tropicais)-



UNB (Universidade de Brasília)– LATEQ (Instituto de Química Laboratório de Tecnologia Química). Brasília, julho de 2005.

SAKOMURA, N.K. & ROSTAGNO, H.S. *Métodos de pesquisa em Nutrição de monogástrico*. Jaboticabal: Funep, 283p, 2007.

STAGONIAS, G.; PEARCE, G. R The digestion of fiber by pigs. 1. The effects of amount and type of fiber on apparent digestibility, nitrogen balance and rate of passage. *British Journal Nutrition*, London, v.53, p.513-530, 1985.

SCHOFIELD, P., PITT, R.E., PELL, A.N. 1994. Kinetics of fiber digestion from *in vitro* gas production. *J. Anim Sci.*, 72(11):2980-2991.

SILVA, B.A.N. A casca de soja e sua utilização na alimentação animal. *Revista Eletrônica Nutritime*, v.1, Art. n.8. 2004. Acessado em 20/01/2017. On line. Disponível na internet.

SILVA, J. C. F. D. da; SANTOS, S. A.; MONTEIRO, P. G.; GARCIA, J. B. Comportamento ingestivo de vacas de cria em diferentes tipos de pastagens nativas In: *SIMPÓSIO SOBRE RECURSOS NATURAIS E SÓCIOS – ECONÔMICOS DO PANTANAL*, 4., 2004, Corumbá. Anais... Corumbá: Embrapa Pantanal, 2004. 1 CD-ROM.

SOARES, K. R. Níveis de proteína na dieta para frangos de corte criados em termo neutralidade e estresse cíclico por calor. 2014, 164 p. *Tese (doutorado)* – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária.

POND, W. G. Plant fiber utilization by pigs. *Pig News Information*, Oxon, v.10, n.1, p. 13-15, 1989.

POND, W. G.; JUNG, H. G.; VAREL, V. H. Effect of dietary fiber on young adult genetically lean, obese and contemporary pigs: body weight, carcass measurements,



organ weight and digest content. *Journal of Animal Science*, Champaign, v.66, p. 699-706, 1988.

ROBINSON, I. M.; ALLISON, M. J.; BUCKLIN, J. A. Characterization of the cecal bacteria of normal pigs. *Applied Environmental Microbiology*, Washington, v. 41, p. 950-955, 1981.

RUSSELL, E. G. Types and distribution of anaerobic bacteria in the large intestine of pigs. *Applied Environmental Microbiology*, Washington, v. 37, p.187-193. 1979.

TANNOCK, G. W. Modification of the normal microbiota by diet, stress, antimicrobial agents, and probiotics. In: Mackie; R. I.; White, B. A. *Gastrointestinal Microbiology. Chapman and Hall Microbiol. Series*. New York. 1999.

TEIXEIRA, E. W. *Utilização de alimentos fibrosos pelos suínos*. Zootecnia, Nova Odessa, v. 33, n. 1, p. 19-27, 1995.

THEANDER, O. Plant cell walls – their chemical properties and rumen degradation. In: NOLAN, J. V.; LENG, R. A.; DEMEYER, D. I. (Ed.). *The role of protozoa and fungi in ruminant digestion*. Armidale, AV: Penambul Books, 1989. p. 1-11.

THEANDER, O.; UDÉN, P.; AMAN, P. Acetyl and phenolic acid substituents in timo by of different maturity and after digestion with rumen microorganisms or a commercial cellulase. *Agriculture and Environment ,Amsterdam*, v. 6, p. 127-133, 1981.

TILLEY, J.M.A.; TERRY, R.A. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. *J. Br. Grassl. Soc.*, v.18, p.104-111, 1963.

TUNGLAND, B. C.; MEYER, D. No digestible oligo- and polysaccharides (dietary fiber): their physiology and role in human health and food. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, v. 1, n. 3, p. 73-92, out. 2002.



UDÉN, P.; COLUCCI, P.E.; Van SOEST, P. J. Investigation of chromium, cerium and cobalt as markers in digesta. Rate of passage studies. *Journal Science Food Agricultural*, v.31, n.7, p.625-632, 1980.

USDA - *United States Department of Agriculture* Acesso em: 12/11/2015.

VALADARES FILHO, S.C.; MAGALHÃES, K.A.; ROCHA JUNIOR, V.R. et al. *Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos*. CQBAL 2.0. 2.ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa; Suprema Gráfica Ltda. 2006. 329p.

VAN SOEST, P.J. 1994. *Nutritional ecology of the ruminant*. 2ed. Ithaca: Cornell University Press. 476p.

VAN SOEST, P. J., ROBERTSON, J. B., LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal. Dairy Science*, v.74, n.9, p.3583 – 3597, 1991.

VAN SOEST, P. J. Comparative fiber requirements of ruminants and non-ruminants. In: *CORNELL NUTRITION CONFERENCE*, 1985, Ithaca. Proceeding... New York: Cornell University Press, 1985. p.52-60.

VAN SOEST, P. J. Limiting factors in plant residues of low biodegradability. *Agricultural and Environmental, Amsterdam*, v.6, p.135-143, 1981.

VAN SOEST, P. J. Chemical properties of fiber in concentrate feeds stuffs. *Proceedings of the Cornell Nutrition Conference*, p. 17-21, 1969

VASCONCELOS, C. H. F. Lignina purificada e modificada (LIPE®), óxido crômico e coleta total de excretas, como métodos de determinação da digestibilidade em frangos de corte. 2004. 46f. Dissertação (*Mestrado em veterinária*) - Escola de Veterinária, UFMG, Belo Horizonte.



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

VAREL, V.H.; POND, W.G. (1985). Enumeration and activity of cellulolytic bacteria from gestating swine fed various levels of dietary fiber. *Appl. Environ. Microbiol.* v. 49, p. 858.

VAREL, V. H.; FRYDA, S. J.; ROBINSON, I. M. Cellulolytic bacteria from pig large intestine. *Applied and Environmental Microbiology*, Washington, v. 47, p. 219-220, 1984.

VIEIRA, A.A.; BRAZ, J.M.; COSTA, A.D. Desempenho de suínos em crescimento alimentados com dietas contendo bagaço de cevada. In: *Congresso Brasileiro de Zootecnia*, 16., 2000, Recife. Anais... Recife, 2000. CD-ROM.

YUE, P.; WARING, S. Resistant starch in food applications. *Cereal Food World*, v.43, n.9, p.690-695, 1998.

WARNER (1981) *Rate fo passage of digesta through the gut of mammals and birds.*

WAITE, R.; GORROD, A. R. N. The structural carbohydrates of grasses. *Journal of Science and Food Agriculture*, Oxford, v.10, p.308-316, 1959.

WEISS, W.P.; CONRAD, H.R.; St. PIERRE, N.R. A therotically-based model for predicting total digestible nutrient values of forage and concentrates. *Animal Feed Science and Technology*, v.39, p.95-110, 1992.

<http://www.agricultura.gov.br/animal/especies/suinos> acessado em 25/10/2016



WOLF, B. W. et al. Effects of chemical modification on in vitro rate and extent of food starch digestion: an attempt to discover a slowly digested starch. *J Agr Food Chem*, v.47, p.4178-4183, 1999.

ZEBROWSKA, H. Digestion of starch and fiber of cereal feeds in different section of the digestive tract of the pig. *Pig News Information*, Oxon, v. 12, n. 1, p. 154, 1991.



Digestibilidade da Matéria Seca, produção fecal e consumo de dietas com diferentes níveis de fibra para suínos em crescimento pelo método direto e indireto (indicadores)



Resumo

O experimento foi conduzido objetivando-se avaliar o consumo, a digestibilidade aparente, e produção fecal, para suínos em crescimento alimentados com rações contendo diferentes níveis de inclusão de casca de soja, comparou-se o método convencional (coleta total de fezes) e sobras com a técnica de indicadores. No experimento, alimentou-se 20 suínos machos castrados com ração a base de farelo de soja e farelo de milho, com níveis de substituição de 7,5; 15,0; 22,5; 30,0% de casca de soja na ração referência. Foram utilizados os indicadores LIPE[®] e Dióxido de Titânio e NANOLIPE[®]. Os indicadores LIPE[®] e Dióxido de Titânio foram fornecidos uma vez ao dia pela manhã para todos os animais, e o indicador NANOLIPE[®] foi fornecido apenas um dia e a coleta total de fezes foi realizada uma vez ao dia pela manhã a cada 24 horas após fornecimento dos indicadores. No experimento foi utilizado o delineamento inteiramente ao acaso com parcela subdividida, onde as dietas são as parcelas e os indicadores as sub-parcelas. As médias foram analisadas pelo teste tukey a 5% de significância. A digestibilidade *in vivo* para suínos em crescimento foi reduzida quando aumentou o nível de fibra na dieta referência principalmente para 30%. A determinação da média de consumo da ração pelos animais através da técnica de indicadores foi estatisticamente igual para os indicadores LIPE[®] E NANOLIPE[®] comparado com a média do consumo real, no entanto para o indicador de digestibilidade dióxido de titânio a determinação da média do consumo foi diferente da média real, isso se deve a determinação da produção fecal média dos animais, assim a média produção fecal ficou superestimada para o mesmo indicador dióxido de titânio. A média do consumo consequentemente também foi superestimada com mesmo indicador. A média da produção fecal real foi estatisticamente diferente apenas pro indicador dióxido de titânio, este superestimou essa média em relação a determinação real e a média pelos outros indicadores. Pode-se concluir que a determinação da digestibilidade, consumo e produção fecal pela técnica de indicadores, foi estatisticamente eficiente para os indicadores LIPE[®] e NANOLIPE[®]. No entanto o indicador dióxido de titânio não foi eficaz para a determinação dessas variáveis. A digestibilidade *in vivo* foi reduzindo a medida que se aumentou o nível de substituição da fibra na dieta referência. O melhor consumo foi com 10,5% de inclusão da casca de soja.

Palavras Chaves: digestibilidade *in vivo*, casca de soja, nutrição animal



Abstract

An experiment was carried out to evaluate the apparent digestibility, consumption and fecal production, for growing pigs fed diets containing different levels of the alternative soybean meal, the conventional method (total collection of feces) and leftovers were compared Technical markers. In the experiment, 20 castrated male pigs were fed with soybean meal and maize meal, and replacement levels of 7.5; 15.0; 22.5; 30.0% of soybean hulls in the reference diet. The marker LIPE[®] and Titanium Dioxide and NANOLIPE were used. The LIPE[®] and Titanium Dioxide markers were provided once daily in the morning for all animals and the NANOLIPE[®] marker was provided for only one day and total collection of feces was performed once a day in the morning every 24 hours after delivery markers. In the experiment we used the completely randomized design with subdivided plot, where the diets are the plots and the markers the subplots. The averages were analyzed by the tukey test at 5% of significance. In vivo digestibility for growing pigs was reduced when the level of fiber replacement in the reference diet increased, mainly to 30%. The determination of the average consumption of feed by the animals through the technique of markers was statistically the same for the markers LIPE[®] AND NANOLIPE[®] compared to the average of the actual consumption, however for the digestibility marker titanium dioxide the determination of the average consumption was different Of the real average, this is due to the determination of the average fecal production of the animals, so the average fecal production was overestimated for the same marker titanium dioxide. Consequently, the average consumption was also overestimated by the same marker. The mean of the actual fecal output was statistically different only for the titanium dioxide marker, which overestimated this average in relation to the real and the average determination by the other markers. It can be concluded that the determination of digestibility, consumption and fecal production by the technique of markers was statistically efficient for the LIPE[®] and NANOLIPE[®] markers. However the titanium dioxide markerr was not effective for the determination of these variables. In vivo digestibility was reduced as the level of fiber replacement in the reference diet increased. And the best consumption was with 10.5% inclusion of soybean hulls.

Key Words: in vivo digestibility, soybean hull, animal nutrition



Introdução

Na busca por alternativas para reduzir a competitividade e os custos de produção de suínos, tem-se estudado alimentos que possam substituir parcial ou totalmente o uso do milho e do farelo de soja, sem causar prejuízos ao desenvolvimento nos animais e reduzindo seu custo total de produção (Crenshaw, 2005).

O Brasil exporta farelo de soja de elevado teor proteico e baixo nível de fibra, o que gera um grande volume de casca de soja (CS). Este subproduto é rico em fibras, $\pm 45\%$ de fibra detergente ácido, (FDA), sendo, por isso, pobre em energia, porém apresenta em média 13% de proteína bruta (PB) que supera o valor proteico do milho (Gentilini e Lima, 1996).

A casca de soja é um subproduto que apresenta um elevado nível de fibra, e essa fibra obter uma alta proporção de substâncias pécicas, sendo essa substância altamente digestível. Além de um baixo grau de lignificação e baixa proporção de amido, favorece a sua utilização para ruminantes em rações que não necessitam de um alto teor de energia. Em monogástricos a sua utilização ainda é restrita devido a este alto teor de fibra (Silva 2004).

A casca de soja na dieta de suínos tem se mostrado eficiente no aumento dos níveis de consumo quando utilizada em percentagens de 12 a 24% na dieta total, com pouco ou com nenhum efeito sobre o ganho de peso diário devido sua composição bromatológica Bowers et al. (2000).

A avaliação do valor nutritivo de um alimento para suínos é geralmente realizada por meio de ensaios nutricionais e através da determinação do coeficiente de digestibilidade dos nutrientes de uma ração ou de um alimento. A metodologia clássica para a determinação da digestibilidade aparente de um nutriente é realizada



com o animal alojado em gaiola metabólica o que permite o controle individual de todo o alimento ingerido e excretado durante um período de 24 horas. Este é denominado método aparente ou coleta total de fezes. Entretanto, esta coleta total de fezes e seu armazenamento tem sido um fator complicado na hora da análise. Dessa forma nos últimos anos foram desenvolvidas várias técnicas para simulação e quantificação do aproveitamento digestivo dos nutrientes, dentre essas está a técnica de indicadores onde se coleta uma quantidade menor de fezes e estima a digestibilidade, produção fecal e consumo através de equações matemáticas.

Assim, nesse trabalho o objetivo foi avaliar uma metodologia alternativa para determinar o valor nutricional de dietas para suínos em crescimento com diferentes níveis de fibra baseadas no método de indicadores, comparado com o método padrão de digestibilidade *in vivo*.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Laboratório de Calorimetria de Metabolismo Animal e as análises químicas no laboratório de nutrição animal do Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais. Foram utilizados 20 suínos machos castrados de linhagem comercial da empresa Vaccinar com peso inicial médio de 29 ± 1 kg distribuídos em delineamento experimental inteiramente casualizado com arranjo em parcelas subdivididas sendo as parcelas cinco tratamentos (uma dieta referência e quatro substituições em porcentagem da casca de soja na dieta referência) e as sub-parcelas os indicadores testados, as dietas utilizadas estão descritas na Tabela 1.



Tabela 1. Composição das dietas experimentais (%)

Composição das Dietas Experimentais (%)					
Alimento	T1	T2	T3	T4	T5
Farelo de milho	62,6600	57,1225	51,5850	46,0474	40,5099
Farelo de soja 45%	32,2443	30,3551	28,4658	26,5766	24,6873
Casca de soja	0,0000	7,5000	15,0000	22,5000	30,0000
Óleo de soja	1,5000	1,5000	1,5000	1,5000	1,5000
Fosfato bi cálcio	1,5755	1,5713	1,5672	1,5630	1,5588
Calcário	1,1083	1,0279	0,9476	0,8673	0,7870
Sal	0,4056	0,4093	0,4131	0,4168	0,4206
Vit – sui	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000
DL- Methionina	0,0063	0,0139	0,0214	0,0289	0,0364
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Valor Nutricional Calculada					
ED kcal/kg	3401,7680	3315,4705	3229,1730	3142,8756	3056,5781
EM kcal/kg	3234,6739	3156,0675	3077,4612	2998,8548	2920,2484
EL kcal/kg	2419,7419	2323,8961	2228,0504	2132,2046	2036,3588
PB%	19,8982	19,6197	19,3412	19,0627	18,7842
FB%	2,7930	5,0495	7,3061	9,5627	11,8192
Valor Nutricional Analisado					
ED kcal/kg	3363,98	3251,59	3128,24	3086,08	2963,83
EM kcal/kg	3195,782	3089,014	2971,836	2931,775	2815,641
EL kcal/kg	2347,887	2269,289	2059,674	2018,270	1406,507
PB%*	20,55	19,98	20,90	19,41	19,90
FDN%*	15,18	22,46	29,04	30,49	33,01
FDA%*	5,79	9,53	12,92	15,00	18,09
CA%	1,1404	1,2939	1,1960	1,1973	0,9697
P%	2,1233	3,3101	3,2775	3,3807	3,7934

*Matéria Seca

Foram utilizados quatro repetições por dieta sendo um animal a unidade experimental. Os animais foram alojados em gaiolas metabólicas metálicas providas de bebedouros, comedouros e coletores de fezes e urina individuais, Pekas (1968).



As dietas foram formuladas para atender as exigências nutricionais dos animais de acordo com a tabela brasileira de composição de rações.

As rações foram fornecidas de forma restrita duas vezes ao dia, por 12 dias sendo (sete dias de adaptação e cinco dias de coleta) calculada de acordo com o peso metabólico dos animais através da equação 1. Os indicadores foram fornecidos da seguinte forma: LIPE[®] sete dias sendo dois dias de adaptação e cinco dias de coleta. NANOLIPE[®] um dia e a coleta foi realizada 24 horas pós-fornecimento do indicador; Dióxido de Titânio 7 dias de fornecimento para adaptação e cinco dias de coleta.

$$\text{CRR} = I \times \text{Peso metabólico}$$

$$\text{CRR} = \text{Consumo restrito de ração}$$

$$I = \text{Consumo de ração médio dos sete dias (kg) / Peso metabólico}$$

$$\text{Peso metabólico (kg)} = (\text{Peso Vivo})^{0,75}$$

A água foi fornecida à vontade em cocho individual durante todo o período experimental. A coleta de fezes foi realizada a cada 24 horas pela manhã em sacos plásticos que foram colocados nas gavetas das gaiolas e retirados na hora da coleta.

As amostras de fezes e sobras foram homogeneizadas, pesadas e identificadas, posteriormente foi retirada uma alíquota de 20% de fezes armazenadas individualmente em um freezer para posterior análise. As amostras foram homogeneizadas e pré-secas em estufa de ventilação forçada 55°C por 72 horas e posteriormente moídas a 1 milímetro em moinho tipo Willey.

As análises laboratoriais das rações, sobras e fezes do experimento foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da Escola de Veterinária da UFMG, para determinação dos teores de proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), matéria seca (MS), matéria mineral (MM), como sugerido por Silva e Queiroz (2002), fibra



em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), conforme Van Soest (1994), e energia bruta (EB), (AOAC, 1995). A análise do LIPE[®] e NANOLIPE[®] foi realizada por espectrofotometria no infravermelho (Saliba et al. 2015), análise do TITÂNIO foi realizada por espectrofotometria no visível colorimétrico Lehmann e Herget, (1927). .

A digestibilidade dos nutrientes foi calculada através dos valores de consumo e a produção fecal de cada nutriente, de acordo com as formulas.

Onde:

$$*PF = CMS \times (1 - DMS)$$

$$*CMS = PF / (1 - DMS)$$

$$*DMS = 1 - (PF / CMS)$$

Digestibilidade da Matéria Seca

$$DMS (\%) = \frac{MS \text{ Ingerida} - MS \text{ Fecal} \times 100}{MS \text{ Ingerida}}$$

*Produção Fecal (PF)

*consumo da matéria seca (CMS)

*digestibilidade da matéria seca (DMS)

O delineamento utilizado foi inteiramente ao acaso com parcelas subdivididas onde as parcelas foram os tratamentos e as subparcelas os indicadores testados.

Os dados foram submetidos a análise de variância utilizando o pacote estatístico SAEG. Os níveis de fibra da dieta foram analisados pelo teste linear e quadrático para análise dos dados. O uso de indicadores foi avaliado usando o teste tukey a 5%.



Resultados e Discussão

Para avaliação da digestibilidade houve uma regressão linear a medida que se aumentou o nível de casca de soja na dieta reduziu a digestibilidade da dieta.

Os valores médios dos coeficientes de digestibilidade aparente matéria seca (MS), determinada com diferentes indicadores para suínos em crescimento contendo diferentes níveis de fibra são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Determinação da digestibilidade aparente da (MS) de dietas com diferentes níveis de fibra e pela técnica de indicadores

Níveis de casca de soja	Digestibilidade (%)	Equação Linear	R ²	Desv.P
0 %	87,2			2,57
7,5%	86,4			2,45
15%	83,0	Y=87,7 – 0,3x	97,4	3,47
22,5%	81,4			4,08
30%	79,0			3,64

CV (%)= 2,4.

Indicador	Digestibilidade*	CV %
DIG. APARENTE*	83,8 a	
NANOLIPE [®]	83,7 a	
LIPE [®]	84,7 a	2,14
TITÂNIO	81,7 b	

*Digestibilidade Aparente

Médias seguidas de letras distintas na linha e coluna diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

De acordo com os dados da tabela dois constata-se que houve o melhor aproveitamento dos nutrientes pelos suínos alimentados com as rações que não continham nível de substituição da casca de soja e a ração com o menor nível de fibra cujos valores médios de digestibilidade foram 87,2% de digestibilidade da matéria seca pra dieta basal e 86,5% de digestibilidade matéria seca para dieta com 7,5% de substituição da a casca de soja na dieta referência, a dieta com 15% de



inclusão de casca de soja, obteve um valor de digestibilidade de 83,0%, sendo esse um valor intermediário em relação as outras dietas testadas.

Estas observações corroboram com achados de Bowers et al. (2000), que sugere que baixos níveis de casca de soja podem ser utilizados com sucesso em dietas para suínos em crescimento / terminação e podem melhorar o ganho de peso diário. Níveis mais elevados de casca de soja também podem ser utilizados mas, com suplementação de energia para atender as exigências de energia dos suínos.

Os dados encontrados no trabalho também estão de acordo com os dados encontrados por Quadros et al. (2008) onde ele comenta que até 16% de casca de soja moída nas dietas dos suínos em crescimento/terminação não traz prejuízos ao seu desempenho e pode produzir carcaças mais magras.

Ferreira et al. (2009) avaliando indicadores em bovinos concluíram que o LIPE[®] permite estimar a digestibilidade de maneira semelhante ao método de coleta total de fezes. Fato também conferido por Soares et al. (2011) em bubalinos nas estimativas de matéria fecal e de digestibilidade.

Lanzetta *et al.* (2009) avaliaram a eficiência do LIPE[®] para estimar a digestibilidade dos nutrientes de dietas em equinos em comparação aos métodos de coleta total de fezes e do indicador óxido crômico. Foram utilizadas seis potras Mangalarga Marchador, com média de 2 anos de idade e 345 kg de peso vivo, alimentadas com feno de alfafa e concentrado comercial na proporção de 50:50. A dieta consistiu-se de feno de alfafa (*Medicago sativa*) e ração comercial (15% de PB). Os autores concluíram que os resultados obtidos com o LIPE[®] foram similares aos determinados por coleta total, confirmando a eficiência do LIPE[®] para estimar a digestibilidade de nutrientes da dieta em equinos



Para Rodrigues et al. (2006), Saliba et al. (2015) e (2016), de uma maneira geral diversos estudos revelaram que o LIPE[®] apresenta propriedades físico-químicas bastante estáveis e uma grande consistência químico-estrutural, mostrando-se inalterado no trajeto pelo trato gastrointestinal dos animais, sendo totalmente recuperado nas fezes. Estas características em 14 estudos sugerem que o produto pode ser usado como indicador externo em estudos de digestibilidade.

Braga *et al.* (2006) determinaram a digestibilidade ileal aparente de aminoácidos em milho, em sorgo, em pasta de soja, em glúten de milho, em farinha de peixe, em farinha de carne e osso e em farelo de trigo em frangos de engorda, utilizando TiO_2 e Cr_2O_3 como indicadores inertes da dieta. Os coeficientes de digestibilidade de aminoácidos mostraram uma menor variação quando o dióxido de titânio foi usado como marcador dietético. Esses autores concluíram que o TiO_2 é um indicador mais adequado do que Cr_2O_3 , sendo menos variável, e por obter maior digestibilidade, o que indica uma maior recuperação.

Kavanagh *et al.* (2000) utilizaram Cr_2O_3 , TiO_2 e cinzas insolúvel em ácido (CIA) para determinar a digestibilidade em suínos. Foram utilizados oito suínos machos inteiros, divididos em dois tratamentos. O tratamento A consistia em adicionar à dieta, baseada em cereais, 1 g/kg dos indicadores Cr_2O_3 e TiO_2 . O tratamento B não possuía os indicadores. Os suínos eram alimentados duas vezes ao dia e recebiam de 3,3% a 3,7% do peso vivo. O período de adaptação às dietas com os indicadores foram de 7 dias. A coleta total de fezes ocorreu nos 5 dias subsequentes, com o auxílio do óxido férrico (20 g/kg). As análises de titânio foram feitas segundo Short *et al.* (1996). A recuperação dos indicadores na dieta foram de 0,93 g/kg de Cr_2O_3 , 1,02 g/kg de TiO_2 e 1,336 (sem as frações de TiO_2 e Cr_2O_3) e 2,906 (com as frações dos indicadores) para CIA. A recuperação dos indicadores nas



fezes foi de 96,0%, 92,3% e 99,9% respectivamente para Cr_2O_3 , TiO_2 e CIA. A digestibilidade estimada com TiO_2 nesse estudo foi subestimada em relação à coleta total. Os autores justificam o fato pela baixa recuperação do TiO_2 nas fezes.

Há um reconhecido conceito de que o mecanismo da digestão da fibra no ceco e intestino grosso de monogástrico, especialmente suínos, é muito semelhante à fermentação que ocorre no rúmen (Vervaeke et al., 1989). Admite-se semelhanças nas características da fermentação quanto ao pH e composição de ácidos graxos voláteis (Vervaeke, 1989). Porém, é claro, que há muitas diferenças entre a fermentação do rúmen e do intestino, diferenças estas que podem ser importantes para uma específica aproximação e interpretação da fibra em ambos os sistemas.

De acordo com (Noblet e Perez 1993); (Noblet e Knudsen 1997) os suínos em crescimento e acabamento faz melhor uso alimentos fibrosos que os suínos mais jovens, e tem sido nestas fases, em que o animal come à vontade, que tem ocorrido o maior custos do custo total de produção devido a alimentação. Os suínos adultos apresentam o seu trato gastrointestinal mais desenvolvido, o qual fornece melhor desempenho, devido a ação da microbiota no (cólon e ceco) sobre a fibra ingerida, e a produção de ácidos graxos voláteis que podem ser absorvidos e utilizados como fonte de energia para estes animais, o que corrobora como a pesquisa Fernandez e Jorgesen (1986) onde observaram que suínos de 20 à 90 kg de peso vivo que receberam níveis variados de fibra bruta na dieta (3 à 16%) apresentaram menor digestibilidade à medida que os níveis de fibra aumentaram, porém o aumento da digestibilidade em todos os níveis de fibra bruta foi notado com o aumento do peso vivo dos animais.

A digestibilidade aparente da matéria seca, nitrogênio energia e de outros componentes não fibrosos, é inversamente relacionada com a proporção de fibra na



dieta, ou a quantidade de consumo de fibra (Stanogias e Pearce, 1985). Tal afirmação é alicerçada por Lachange (1992), o qual relata que aumentado o teor de fibra da dieta, diminui significativamente a digestibilidade aparente da proteína bruta, energia, lipídeos, fibra bruta, fibra detergente neutro, fibra detergente ácido e hemicelulose. Hartog et al.(1988), que observaram uma queda na digestibilidade ileal e fecal da matéria orgânica com a inclusão de celulose.

Na determinação do consumo dos animais foi observado que houve uma variação deste para as dietas testadas. Na dieta basal obteve-se um consumo de 1099,3 o qual aumentou nas duas dietas seguintes com 7,5 e 15,0% de substituição da casca de soja pela dieta basal. Já nas dietas com 22,5 e 30,0 % de substituição da casca de soja pela dieta basal o consumo reduziu a medida que foi adicionada a casca de soja. Esse fato pode estar relacionado com a limitação dos suínos em crescimento em consumir uma dieta com uma maior porcentagem de fibra sendo esta provavelmente menos digestível para essa categoria animal. Fato esse demonstrado na tabela três da média do consumo desses animais para cada dieta.

Os resultados do consumo de matéria seca determinado pelo método de indicadores para suínos em crescimento contendo diferentes níveis de fibra são apresentados na Tabela 3.



Tabela 3. Determinação do consumo na matéria seca de dietas com diferentes níveis de fibra medido (Controle) e determinado pela técnica de indicadores em kg

Níveis de casca de soja	Consumo*	Equação	R ²	SE
0%	1099,3			28,51
7,5%	1154,7			44,28
15%	1161,4	Y= 1100 + 11,8 X - 0,6 X ²	98,9	35,51
22,5%	1068,8			25,57
30%	952,7			41,79

CV (%)= 9,4.

Indicador	Consumo*	CV %
CONTROLE	1058,0 b	
NANOLIPE [®]	1073,1 b	
LIPE [®]	1006,6 b	9,4
TITÂNIO	1234,2 a	

*Grama/MS

Médias seguidas de letras distintas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

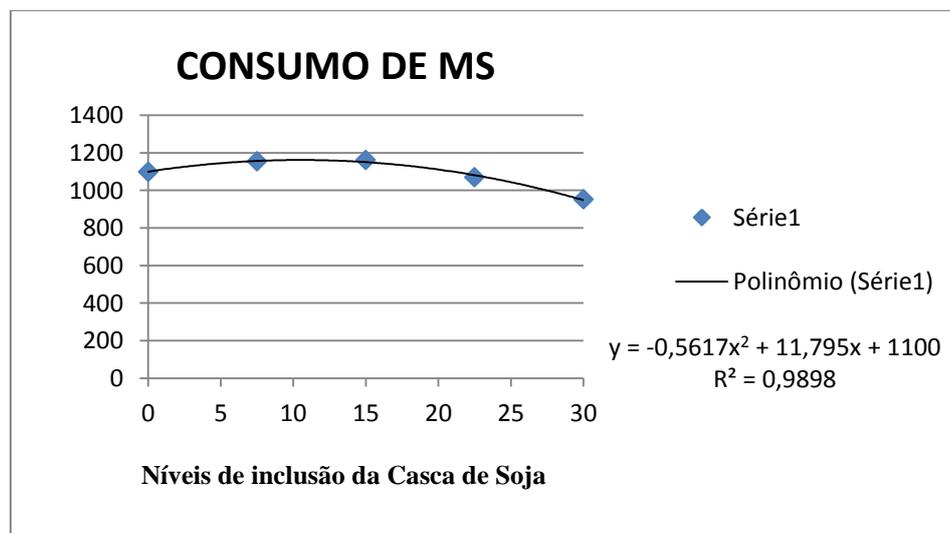
De acordo com a tabela três, a determinação da média do consumo de ração pelos animais através da técnica de indicadores foi estatisticamente igual para os indicadores LIPE[®] e NANOLIPE[®] comparado com a média do consumo real medida, no entanto para o indicador de digestibilidade dióxido de titânio a determinação da média do consumo foi diferente da média do consumo real, isso se deve a determinação da produção fecal média dos animais, visto que o cálculo é realizado pela mesma equação, assim sendo a produção fecal média superestimada pelo indicador dióxido de titânio, a média do consumo consequentemente também foi superior pro mesmo indicador. Na média de consumo das dietas, obteve-se uma equação linear de redução de consumo para o níveis de casca de soja testados.

Lima et al, (2008) em um experimento comparativo com óxido crômico, sugeriram o LIPE[®] como opção mais confiável para determinação indireta do consumo de matéria seca em animais sob regime de pasto, assim como observado neste trabalho para suínos.

Oliveira (2005) comparando as estimativas de consumo a partir do óxido crômico e do LIPE®, em bovinos Nelores, em pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu avaliou dois tempos de adaptação para estes indicadores, tratamentos de curta adaptação em três dias e tratamento de longa adaptação em sete dias. As médias consumo, estimada por estes indicadores, foram semelhantes entre si ($p>0,05$). O autor concluiu que o LIPE® mostrou ser um indicador externo capaz de estimar o consumo de bovinos a pasto.

No gráfico 1 pode-se observar o consumo de matéria seca por suínos em crescimento, onde o melhor consumo foi com 10,5 de substituição da casca de soja.

Gráfico 1. Consumo de matéria seca por suínos em crescimento



Os valores médios da produção fecal determinado na base de matéria seca pelo método de indicadores para suínos em crescimento contendo diferentes níveis de fibra são apresentados na Tabela 4.



Tabela 4. Determinação da produção fecal de dietas com diferentes níveis de fibra pela coleta total de fezes e pela técnica de indicadores em gramas

Níveis de casca de soja	Produção Fecal*	Equação	R ²	Desv. P
0%	134,4			20,21
7,5%	149,7			30,35
15%	195,6	Y= 138,9 + 2,4x	84,91	48,43
22,5%	190,4			40,07
30%	203,2			49,50

CV (%)= 10,7.

Indicador	Produção Fecal*	CV%
COLETA TOTAL DE FEZES	170,9 b	
NANOLIPE[®]	172,5 b	
LIPE[®]	161,7 b	10,7
TITÂNIO	193,0 a	

*Grama/MS

Médias seguidas de letras distintas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

De acordo com a tabela 4, a média da produção fecal real foi estatisticamente diferente apenas para o indicador dióxido de titânio, este superestimou essa média em relação a determinação real e a média pelos outros indicadores. A média da produção fecal entre dietas aumentou de forma linear de acordo com que se aumentou a porcentagem de inclusão da casca de soja na dieta basal.

De acordo com Saliba *et al.*, (2015), em um compilado de vários experimentos, mostrou que o indicador de digestibilidade LIPE[®] é eficiente e confiável para determinação da produção fecal, de vários animais em tipos, categorias e espécie animal diferentes.

Em estudo realizado por Soares *et al.*, (2010) quando validaram metodologias com indicadores internos e externos em bubalinos observaram que a LIPE[®] não apresentou diferença significativa em relação ao método de coleta total de fezes,



tanto na produção fecal, quanto na estimativa da digestibilidade aparente de nutrientes.

Moraes (2007) estimando a produção fecal em caprinos alimentados com coprodutos da indústria de suco de fruta, concluiu que a utilização do indicador LIPE[®] não apresentou diferença significativa em relação ao método de coleta total de fezes, tanto na produção fecal, quanto na estimativa da digestibilidade aparente de nutrientes.

Saliba *et al.*, (2003), compararam as produções fecais estimadas pelo LIPE[®], e obtidas por coletas totais para ovinos, coelhos e suínos. Esses autores obtiveram resultados equivalentes entre os métodos, e taxas de recuperação de 94,6% e 102,6% para suínos e 97,9 e 99,3 % para coelhos, ambos submetidos a duas dietas distintas, e 95,9% para ovinos alimentados com feno de Tifton 85.

Conclusão

Ao final desse trabalho, pode-se concluir que a determinação da digestibilidade de matéria seca, consumo e produção fecal em dietas com diferentes níveis de fibra pela técnica de indicadores, foi estatisticamente eficiente para os indicadores LIPE[®] e NANOLIPE[®]. No entanto o indicador dióxido de titânio não foi eficaz para a determinação dessas variáveis para suínos em crescimento alimentados com níveis diferentes de fibra. A digestibilidade *in vivo* para suínos em crescimento foi reduzindo a medida que se aumentou o nível de substituição de casca de soja na dieta. A substituição em 7,5% da casca de soja foi similar a digestibilidade da dieta controle.



Referências Bibliográficas

AOAC. (Association of official analytical chemists). **Official methods of analysis**. 16.ed. Washington: **AOAC**, 1995.

BOWERS, K.A. et al. Evaluating inclusion levels of soybean hulls in finishing pig diets. **Swine Day-Purdue University**. August, p.39-42, 2000.

BRAGA, L.G.T.; RODRIGUES, F.L.; AZEVEDO, R.V.; CARVALHO, J.S.O.; RAMOS, A.P.S. Digestibilidade aparente da energia e nutrientes de coprodutos agroindustriais para Tilápia do Nilo. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal** [Online], v.11, n.4, p.1127-1136, 2010.

CRENSHAW, J.D. Dietary fiber for sows. **Midwest Swine Nutrition Conference**. Indianapolis, Indiana, USA. 2005.

FERNANDEZ, A.G.; JORGENSEN, N.H. Comparative digestibility experiments with growing pigs and adult sows. **Animal Production**, Edinburgh, v.43, n.1, p.127- 132, 1986.

FERREIRA, M.A.; VALADARES FILHO, S.C.; MARCONDES, M.I. et al. Avaliação de indicadores em estudos com ruminantes: digestibilidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.8, p.1568-1573, 2009.

GENTILINI, F.P.; LIMA, G.M.M. Análise microscópica e determinação da atividade ureática dos componentes do subproduto casca de soja. In: **REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA**, 33., 1996. Fortaleza. Anais ... Fortaleza: SBZ, 1996. p. 260-262.

HARTOG DE, L. A. et al. The effect of including various structural polysaccharides in pig diets on ileal and faecal digestibility of aminoacids and minerals and minerals. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v.18, p.157- 170, 1988.

KAVANAGH, S.; LYNCH, P.B.; MARA, F.O. et al. A comparison of total collection and marker technique for the measurement of apparent digestibility of diets for growing pigs. **Animal Feed Science and technology**, vol. 89, p.49-58, 2000.



LACHANCE, B.; FEURIER, C.; VINET, C. In the growing pig nutrient digestibility may be influenced by the level of dietary fiber and the amount of whey. **Bulletin Agriculture Canada, Research Branch**, n.12, p.20-23, 1992.

LANZETTA, V.A.S.; REZENDE, A.S.C. et al. Validation of Lipe as method to evaluate the apparent digestibility of nutrients in equines. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.1, p.69-74, 2009.

LEHMANN, K.B.; HERGET, L. Studien über die hygienisehen eigenschaften des Titandioxyds und des Titanweiss. **Chemiker Ztg**. Vol 51, n. 793, 1927.

LIMA, J.B.M. P; GRAÇA, D.S.; BORGES, A.L.C.C. Uso do óxido crômico e do LIPE na estimativa do consumo de matéria seca por bezerros de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.60, n.5, p.1197-1204, 2008.

MORAES, S.A. – Subprodutos da agroindústria e indicadores externos de digestibilidade aparente em caprinos. 2007, 57p. **Tese (Doutorado em Ciência Animal)**. Escola de Veterinária - UFMG, Belo Horizonte – MG.

NOBLET, J, KNUDSEN, KEB (1997). Comparative digestibility of wheat, maize and sugar beet pulp non-starch polysaccharides in adult sows and growing pigs. **Digestive Physiology in Pigs** 571-574.

NOBLET, J, PEREZ, JM (1993). Prediction of digestibility of nutrients and energy values of pig diets from chemical analysis. **Journal of Animal Science** 71, 3389-3398.

OLIVEIRA, de L. O. F.; SALIBA, E. de O. S.; AMARAL, T. B.; OLIVEIRA, de A. R.; Avaliação de diferentes períodos de fornecimento de óxido crômico como marcadores externos nas estimativas de consumo. **Anais, I teleconferência sobre o uso de indicadores em nutrição animal**, vol. Único pag. 39-41, (UFMG), Belo Horizonte -MG, Março 2005.

PEKAS, J.C. Versatile swine laboratory apparatus for physiologic and metabolic studies. **Journal of Animal Science**, v.27, p.1303-1306, 1968.



QUADROS, Arlei Rodrigues Bonet de et al. Different inclusion levels of soybean hull on isoenergetic growing-finishing pig diets. **Ciência Rural**, v. 38, n. 2, p. 463-469, 2008.

RODRÍGUES N.M.; SALIBA, E.O.S.; GUIMARÃES JR, R. Uso de indicadores para estimativa de consumo a pasto e digestibilidade. In: **REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA**, 43, 2006, João Pessoa - PB. Anais... João Pessoa: SBZ, 2006, p. 263-288.

UFV/ SAEG. **Sistema de análise estatísticas e genéticas**. Versão 9.0. Viçosa, MG: 2000.

SALIBA E.O.S., PILO-VELOSO, D., RODRIGUEZ, N., CAPANEMA, E., SALIBA, J., BORGES, A., GONÇALVES, L., BORGES, I., JAYME, D. e SILVA, R Caracterização da Lignina antes e depois da Exposição ao Trato Gastrointestinal de Ruminantes. **American Journal of Analytical Chemistry** , 7 , 748-753. 2016. doi: 10,4236 / ajac.2016.711067

SALIBA, E.O.S., FARIA, E.P., RODRIGUEZ, N.M., MOREIRA, G.R., SAMPAIO, I.B.M., SALIBA, J.S. et al, Use of infrared spectroscopy to measure fecal output with marker LIPE. **Intl J Food Sci Nutr Diet**. 2015;S004:1–10.

SALIBA, E. O. S.; RODRIGUEZ, N. M.; VELOSO, D. P.; TEIXEIRA, G. L.; RIBEIROS, S. L. M. Estudo comparativo da digestibilidade pela técnica da coleta total com a lignina purificada como indicador de digestibilidade para ovinos em experimento com feno de tifton 85. In: **REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA**, 40., 2003, Santa Maria. Anais... Santa Maria-RS, S.B.Z., 2003.

SILVA, DJ, QUEIROZ, AC (2002). **Análises de alimentos (métodos químicos e biológicos)**. 235p.

SILVA, JCFD, SANTOS, SA, MONTEIRO, PG, GARCIA, JB (2004). Comportamento ingestivo de vacas de cria em diferentes tipos de pastagens nativas.



In: **Simpósio sobre recursos naturais e sócio econômicos do pantanal, 4. Anais...**
Corumbá.

SOARES, L. F. P.; GUIM, A.; FERREIRA, M. A.; MODESTO, E. C; BATISTA, A. M. V.; MONTEIRO, P. B. S. Assessment of indicators and collection methodology to estimate nutrient digestibility in buffaloes. **R. Bras. Zootec.**, v.40, n.9, p.2005-2010, 2011.

SOARES, L.F.P. Avaliação de indicadores e metodologia de coleta para estimativa da digestibilidade de nutrientes em Bubalinos. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco – 39 p, **Dissertação (Mestrado em Zootecnia)**, 2010.

SHORT, F.J.; GORTON, P.; WISEMAN, J. et al. Determination of titanium dioxide added as an inert marker in chicken digestibility studies. **Animal Feed Science Technology**, vol. 59, p.215-221, 1996.

STAGONIAS, G.;PEARCE, G. R The digestion of fiber by pigs. 1. The effects of amount and type of fiber on apparent digestibility, nitrogen balance and rate of passage. **British Journal Nutrition, London**, v.53, p.513-530, 1985.

TILLEY J M A & TERRY R A. A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. **J. Brit. Grassland Soc.** 18:104-11, 1963.

VAN SOEST, PJ (1994). **Nutritional ecology of the ruminant. 2ed.**, 476p.

VERVAKE, I. J. et al. Approach to the energetic importance of fiber digestion in pigs. II An experimental approach to hindgut digestion. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 23, p. 169-194, 1989.



**Taxa de passagem de dietas com diferentes níveis de casca de soja para suínos
em crescimento**



Resumo

O experimento foi conduzido com objetivo de avaliar as estimativas da taxa de passagem de dietas com diferentes níveis de fibras para suínos em crescimento através da produção fecal pelo indicador cromo mordente. No experimento, alimentou-se 20 suínos machos castrados com ração a base de farelo de soja e farelo de milho, e níveis de substituição de 7,5; 15,0; 22,5; 30,0% de casca de soja na ração referência. O indicador cromo mordente fornecido acrescido com o alimento casca de soja e fornecido em dose única para os animais na primeira alimentação do dia. No experimento foi utilizado o delineamento inteiramente ao acaso com parcela subdividida, onde as dietas são as parcelas e os tempos de coleta as sub-parcelas. Os valores médios do tempo médio de retenção (TMR), taxa de passagem (TxP) e tempo de transito (TT) foram analisados através da análise de variância, e como os tratamentos foram quantitativos estes foram analisados através do desdobramento destes em regressão linear, quadrática e desvio através do teste F ($p>0,05$). As variáveis analisadas TMR, TxP e TT foram semelhantes entre si para todas as dietas. Não houve diferença estatística para todas as variáveis analisadas.

Palavras Chaves: digestibilidade in vivo, casca de soja, nutrição animal



Abstract

An experiment was conducted with the objective of evaluating the estimates of the rate of passage of diets with different levels of fibers for growing pigs through the fecal production by the chrome marker mordant. In the experiment, 20 castrated male pigs were fed with soybean meal and maize meal, and replacement levels of 7.5; 15.0; 22.5; 30.0% of soybean hulls in the reference diet. The mordant chrome indicator was made with the soybean meal and provided in a single dose to the animals at the first feeding of the day. In the experiment was used a completely randomized design with subdivided plot, where the diets are the plots and times of collection the subplots. The mean values of the mean retention time (TMR), transit rate (TxP) and transit time (TT) were analyzed by analysis of variance, and as the treatments were quantitative they were analyzed by unfolding these in linear regression, Quadratic and deviation using the F test ($p > 0.05$). The analyzed variables TMR, TxP and TT were similar to each other for all diets. There is no statistical difference for all analyzed variables.

KeyWords: in vivo digestibility, soybean hull, animal nutrition



Introdução

O suíno é um animal que apresenta fácil aceitação aos diferentes alimentos, assim produtos alternativos podem ser utilizados nas dietas visando reduzir a concorrência do uso do milho e da soja, a instabilidade nos preços e a disponibilidade destes produtos, otimizando assim a produção.

Assim estudos para avaliação desses alimentos alternativos têm sido realizados com o objetivo de manter ou até reduzir o custo de produção sem influenciar na qualidade final do produto, dentre essas técnicas está a taxa de passagem que de acordo com Saliba e colaboradores (2013), refere-se ao fluxo de resíduos não digeridos do alimento ao longo do trato digestivo e é influenciada pelos níveis de consumo, forma física da dieta, diferenças na digestão existente entre animais, tipo de marcador utilizado na determinação da curva de excreção fecal (Mertens e Ely, 1982), proporção e variação da dieta e fatores climáticos (Faichney, 1993).

O mecanismo da digestão da fibra no ceco e intestino grosso de monogástrico, especialmente suínos, é muito semelhante à fermentação que ocorre no rúmen admitindo semelhanças nas características da fermentação quanto ao pH e composição de ácidos graxos voláteis segundo (Vervaeke *et al.*, 1989; Bergman, 1990). No entanto, as diferenças existentes entre a fermentação do rúmen e do intestino podem ser importantes para uma específica aproximação e interpretação da fibra em ambos os sistemas.

Deste modo, digestão e passagem atua de forma simultânea e competitiva para a remoção da digesta presente no trato gastro intestinal, assim os efeitos combinados de digestão e taxa de passagem podem maximizar o consumo de nutrientes digestíveis (Aitchinson *et al.*, 1986).



Para avaliar essa qualidade do alimento realiza-se análise através das fezes do animal que foi excretada e esta está diretamente relacionada com estimativa do consumo, o qual é feito através do modelo matemático utilizado, em função da recuperação do marcador Cr – mordente nas fezes do animal. Berchielli *et al.* (2000).

Assim, esse trabalho teve como objetivo de avaliar as estimativas da taxa de passagem de dietas com diferentes níveis de fibras para suínos em crescimento através da produção fecal pelo indicador cromo mordente.

Material e Métodos

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Calorimetria de Metabolismo Animal e as análises químicas no laboratório de nutrição animal do Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais. Foram utilizados 20 suínos machos castrados, da linhagem comercial Agroceres-PIC, com 85 dias de idade e com peso inicial médio de $29\text{kg} \pm 1$. As dietas experimentais foram formuladas de acordo com as recomendações de Rostagno *et al.* (2011). Sendo quatro níveis de inclusão da casca de soja na dieta referência, descrita na tabela 1. Foi determinada a taxa de passagem do alimento testado casca de soja, através do método fibra mordente.

Tabela 1. Composição das dietas experimentais (%)

Composição das Dietas Experimentais (%)					
Alimento	T1	T2	T3	T4	T5
Farelo de milho	62,6600	57,1225	51,5850	46,0474	40,5099
Farelo de soja 45%	32,2443	30,3551	28,4658	26,5766	24,6873
Casca de soja	0,0000	7,5000	15,0000	22,5000	30,0000
Óleo de soja	1,5000	1,5000	1,5000	1,5000	1,5000
Fosfato bi cálcio	1,5755	1,5713	1,5672	1,5630	1,5588
Calcário	1,1083	1,0279	0,9476	0,8673	0,7870
Sal	0,4056	0,4093	0,4131	0,4168	0,4206
Vit – sui	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000
DL- Methionina	0,0063	0,0139	0,0214	0,0289	0,0364
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Valor Nutricional Calculada					
ED kcal/kg	3401,7680	3315,4705	3229,1730	3142,8756	3056,5781
EM kcal/kg	3234,6739	3156,0675	3077,4612	2998,8548	2920,2484
EL kcal/kg	2419,7419	2323,8961	2228,0504	2132,2046	2036,3588
PB%	19,8982	19,6197	19,3412	19,0627	18,7842
FB%	2,7930	5,0495	7,3061	9,5627	11,8192
Valor Nutricional Analisado					
ED kcal/kg	3363,98	3251,59	3128,24	3086,08	2963,83
EM kcal/kg	3195,782	3089,014	2971,836	2931,775	2815,641
EL kcal/kg	2347,887	2269,289	2059,674	2018,270	1406,507
PB%*	20,55	19,98	20,90	19,41	19,90
FDN%*	15,18	22,46	29,04	30,49	33,01
FDA%*	5,79	9,53	12,92	15,00	18,09
CA%	1,1404	1,2939	1,1960	1,1973	0,9697
P%	2,1233	3,3101	3,2775	3,3807	3,7934

*Matéria Seca

Os animais foram mantidos em gaiolas metabólicas para facilitar o manejo e coleta total de fezes feito em sacos plásticos que foram colocados nas gavetas das



gaiolas e retirados em tempos diferentes (0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 16, 24, 36 e 48) horas, para avaliar o tempo de transito da dieta testada. As fezes foram coletadas e armazenadas no freezer para posterior análise. A administração do indicador cromo mordente ocorreu simultaneamente a alimentação dos animais. O alimento testado foi mordantado ao indicador óxido crômico e fornecido uma dose pulso para cada animal de (20 gramas) segundo Uden et al.(1980).

A dieta foi fornecida normalmente em 2 tratos diários sendo um pela manhã e o outro pela tarde, com intervalo entre um trato e outro de 7 horas. A água foi fornecida a vontade antes e após os tratos. O consumo foi medido de acordo com o peso metabólico de cada animal ($\text{kg}^{0,75}$) em um período inicial de adaptação de 7 dias, e após se iniciou o período de coleta. As análises laboratoriais das dietas, e fezes foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da Escola de Veterinária da UFMG, para determinação dos teores de proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), matéria seca (MS), matéria mineral (MM) como sugerido por Silva e Queiroz (2002), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), lignina por Van Soest (1994) e energia bruta (EB) (AOAC, 1995). As amostras fecais foram pesadas e liofilizadas. O cromo foi analisado espectrofotômetro de absorção atômica segundo Silva e Queiroz (2002).

O tempo médio de retenção (TMR) da digesta em todo o trato digestivo foi calculado pela equação proposta por Faichney (1975):

$$\text{TRM (horas)} = \frac{\sum m_i \times t_i}{\sum m_i}$$

Onde:

m_i = quantidade de indicador excretado no i intervalo de tempo;

t_i = intervalo de tempo entre o fornecimento do indicador e i tempo de coleta fecal.



A taxa de passagem (TxP) da digesta em todo o tubo digestivo foi estimado como o inverso da TRM:

$$TxP (\%h^{-1}) = 1/ TRM$$

O tempo de transito (TT) da digesta foi considerado como sendo o intervalo de tempo entre o fornecimento do indicador aos animais e o aparecimento inicial nas fezes.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado (DIC) em arranjo em parcelas sub-divididas, sendo as parcelas os níveis de inclusão da casca de soja e as sub-parcelas os tempos de coleta com quatro repetições por tratamento.

Foi realizada análise de variância e como os tratamentos foram quantitativos estes foram analisados através do desdobramento destes em regressão linear, quadrática e desvio através do teste F ($p < 0,05$). O software estatístico utilizado para essas análises foi o Sisvar 5.3 (Ferreira, 2011).

Resultado e Discussão

Silva et al. (2014), em um trabalho cujo os objetivos foram avaliar a cinética de passagem da digesta, as características físico-químicas e o tamanho da partícula da digesta do cólon ventral direito (CVD) de equinos alimentados com feno de *coastcross* com diferentes tamanhos de partículas. A cinética de passagem da fase sólida e líquida da digesta no trato digestório foi estimada através do tempo médio de retenção (TMR), da taxa de passagem (k) e do tempo de trânsito (TT) utilizando os indicadores: Cr-FDN e Co-EDTA. O TT da fase sólida da digesta foi maior em 3 horas ($P < 0,05$) nos equinos alimentados com o feno moído, em relação às outras formas do feno. Não houve diferença ($P > 0,05$) no TMR e k tanto da fase líquida quanto na sólida da digesta em função das diferentes formas físicas do feno. No



entanto, houve maior velocidade de passagem da fase líquida de 3,28 h⁻¹, comparada à fase sólida, de 2,73 h⁻¹, em todas as dietas. Quando se forneceu feno moído a 3 mm foram observados o menor tamanho de partícula e o menor teor da fibra em detergente neutro na digesta do cólon, com valores de 0,51 mm e 53,5%, respectivamente. A moagem do feno aumentou o tempo de trânsito da fase líquida no trato digestório dos equinos, sem interferir na cinética da fase sólida da digesta. A moagem do feno reduziu os teores de FDN e o tamanho médio das partículas no CVD.

Nesse estudo diferente do estudo feito por Silva et al. (2014) pode-se observar que não houve diferença estatística entre as dietas para as variáveis analisadas sendo elas, tempo médio de retenção, taxa de passagem e tempo de transito. A velocidade da taxa de passagem para todas as dietas foi de 3,0 % h⁻¹, conforme descrito na tabela dois.

Tabela 2. Média dos valores do tempo médio de retenção (TMR), da taxa de passagem (TxP) e do tempo de trânsito (TT)/hora, nas fases sólida, em dietas com diferentes níveis de fibra

DIETA	TMR/h	Tx % h ⁻¹	TT*
0	38,20	0,03	1,5
7,5	37,41	0,03	1,5
15	39,69	0,03	1,5
22,5	33,98	0,03	1,5
30	35,26	0,03	1,5

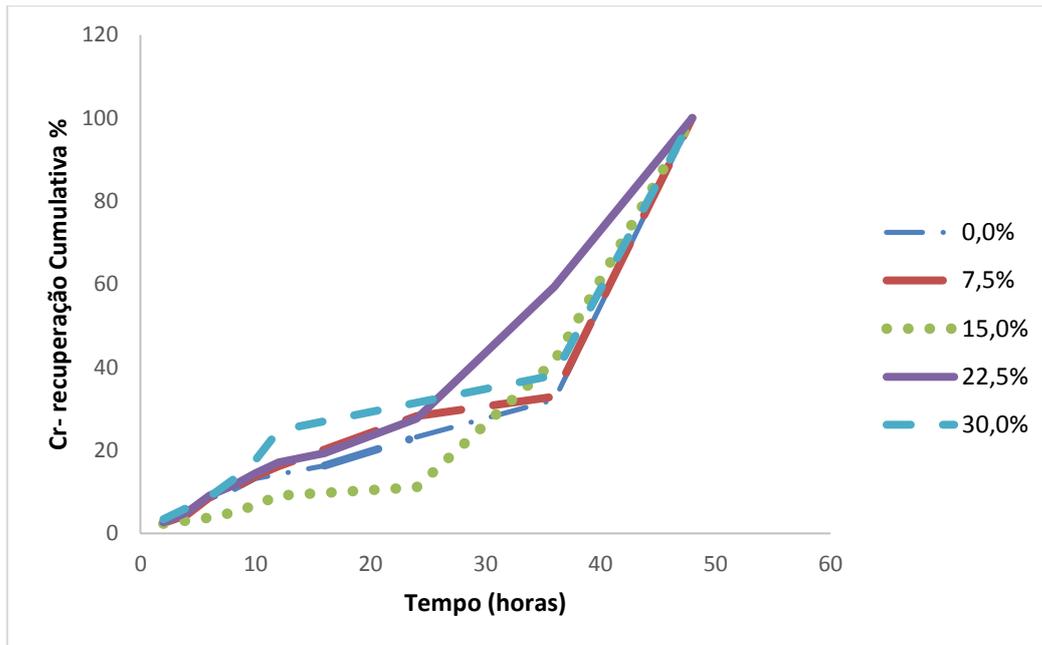
Médias seguidas na coluna, para cada variável, não diferem entre si pelo teste F (P>0,05).

*h=hora

Conforme demonstrado na figura um, Pode-se observar que com quarenta e oito horas de taxa de passagem o indicador cromo utilizado para avaliação das dietas testadas foi totalmente recuperado. Isso pode está relacionado com a eficiência alimentar do animal, pois quanto mais velho o animal menos eficiente ele se torna, e

como no experimento os animais são mais jovens obtendo assim uma boa eficiência alimentar, o nível de inclusão de fibra na dieta não foi capaz de influenciar de forma negativa na digestão e absorção dos nutrientes das dietas testadas.

Figura 1. Taxa média de recuperação cumulativa do cromo em dietas para suínos com diferentes níveis de fibra.



Alguns estudos como Zhang et al. (2013), Bindelle et al. (2009) Fraga et al. (2009) Anguita et al. (2007) Wilfart et al. (2007), entre outros foram realizados para verificação da taxa de passagem de diferentes alimentos para suínos, equinos para avaliação do aproveitamento destes alimentos.

Zhang et al. (2013), ao utilizarem níveis crescente de polpa de beterraba nas dietas de suínos, encontraram maiores digestibilidade da fibra dietética total, bem como das frações solúvel e insolúvel até o nível de 55% de ingrediente.

Bindelle et al. (2009) avaliaram níveis (10, 20 e 30%) de polpa de beterraba e observaram maior digestibilidade da fibra dietética total quando os suínos receberam a dieta contendo o maior nível, devido ao elevado teor de pectina deste ingrediente.



Fraga et al. (2009) utilizaram ingrediente fibroso na dieta de suínos abatidos pesados, e verificaram menor digestibilidade das dietas, maiores excreções e aumento nas quantidades de sólidos totais, sólidos voláteis e matéria mineral das fezes dos animais, à medida em que os níveis aumentaram.

Anguita et al. (2007) e Zhang et al. (2013) testaram diferentes níveis de polpa de beterraba nas dietas de suínos e comprovaram redução no consumo voluntário de ração, justificado pela alta presença de fibra dietética solúvel neste ingrediente.

Wilfart et al. (2007) observaram redução no tempo da taxa de passagem, tanto da fase líquida como da fase sólida, da digesta, em 18,51 e 36,26%, respectivamente, com um incremento de 73,24% de fibra dietética insolúvel para suínos em crescimento.

Segundo Wilfart et al. (2007) a baixa digestibilidade da proteína bruta quando utilizado 27% de fibra dietética na dieta, pode ser explicada pelo aumento das secreções endógenas de nitrogênio advindos da descamação ou pela redução da hidrólise e absorção dos nutrientes, ou por esses dois fatores associados.

Owusu-Asiedu et al. (2006), observaram aumento de 3,5 horas na taxa de passagem da digesta de suínos em crescimento que consumiram dietas com a inclusão de 7% de goma guar como fonte de fibra solúvel purificada na dieta.

Segundo Wenk (2001), altas inclusões de fibra, tanto solúvel como insolúvel, nas dietas de suínos provocam aumento no peristaltismo e, conseqüentemente, aumenta a taxa de passagem da digesta, tanto no intestino delgado como no grosso.

Rainbird e Low (1986) acrescentaram 4 e 6% de goma guar e de pectina, respectivamente, às dietas de suínos em crescimento, porém apenas a dieta com inclusão de goma guar reduziu a taxa de passagem da digesta. Estes autores não



explicaram a ausência de efeito da dieta com inclusão da pectina sobre a taxa de passagem da digesta.

Estudos com suínos canulados revelaram existir alguma degradação da fibra anteriormente ao ceco, especialmente com algumas leguminosas facilmente fermentáveis e polpa de citrus e de beterraba (DIERIK *et al.*, 1989).

A adaptação da bactéria celulolítica ocorre mais rapidamente no genótipo magro do que no obeso e o número em suínos magros alimentados com dieta de alta fibra aumenta 17 vezes, enquanto aumento não significativo foi observado em suínos magros alimentados com dieta de baixa fibra (FONTY e GOUET, 1989).

Conclusão

O tempo médio de retenção (TMR), assim como a taxa de passagem (TxP) e o tempo de trânsito (TT) da ingesta é semelhante entre as variáveis estudadas independente do nível de fibra presente na dieta.

Referências Bibliográficas

AITCHISON, E.; GILL, M.; FRANCE, J.; DHANOA, M.S. Comparison of methods to describe the kinetics of digestion and passage of fiber in sheep. *Journal of Science Food Agricultural*, v.37, n.11, p.1065-1072, 1986.

ANGUITA, M.; GASA, J.; NOFRARIAS, M.; MARTIN-ORÚE, S. M.; PEREZ, J. F. Effect of coarse ground corn, sugar beet pulp and wheat bran on the voluntary intake and physicochemical characteristics of digesta of growing pigs. *Livestock Science*, v.107, p.182-191, 2007.

AOAC. (Association of official analytical chemists). **Official methods of analysis**. 16.ed. Washington: AOAC, 1995.



BERCHIELLI, T.T.; FURLAN, C.L.; AROEIRA, L.J.M.; NOGUEIRA, J.M e RUGGIERI, A.C. Estimativa do consumo de matéria seca de vacas em lactação em pastejo rotativo em capim coastcross (*Cynodon dactylon*, (L.) Pers cv. coast-cross). *Acta Scientiarum* 22(3):843-849, 2000.

BERGMAN E.N. Energy Contributions of Volatile Fatty Acids From the Gastrointestinal Tract in Various Species. *Physiol Rev* 70 : 567 – 590, 1990.

BINDELLE J.; BULDGEN A.; DELACOLLETTE M.; WAYVREILLE J.; AGNEESSENS R.; DESTAIN J. P.; LETERME P. Influence of source and concentrations of dietary fiber on in vivo nitrogen excretion pathways in pigs as reflected by in vitro fermentation and nitrogen incorporation by fecal bacteria. *Journal Animal Science*, v. 87, p. 583–593, 2009.

DIERICK, N. A. et al. Approach to the energetic importance of fiber digestion in pigs. 1. Importance of fermentation in the overall energy supply. *Animal Feed Science and Technology*, Amsterdam, v.23, n. 1-3, p.141- 167, 1989

FAICHNEY, G.J. Digesta flow. In: Forbes, J.M.; France, J. Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism. Cambridge: **Commonwealth Agricultural Bureaux**/Cambridge University Press, 1993. p.53-85.

FAICHNEY, G. J. (1975). The use of markers to partition digestion within the gastro-intestinal tract of ruminants. In *Digestion and Metabolism in the Ruminant*, pp. 277-291 [A. C. I. Warner and I. W. McDonald, editors]. Armidale, NSW: University of New England Publishing Unit.

FRAGA, A. L.; Thomaz, M. C.; Kronka, R. N.; Budino, 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.



FERREIRA, D. F. **Sisvar**: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras/MG, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

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

MERTENS, D.R.; ELY, L.O. Relationship of rate and extent of digestion to forage utilization – a dynamic model evaluation. **Journal of Animal Science**, v.54, p.895-905, 1982.

OWUSU-ASIEDU, A.; PATIENCE, J. F.; LARYELD, B.; VAN KESSEL, A. G.; SIMMINS, P. H.; ZULSTRA, 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.

RAINBIRD, A. L.; Low, A. G. Effect of various types of dietary fiber on gastric emptying in growing pigs. **British Journal of Nutrition**, v.55, p.111-121, 1986.

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

SALIBA, E.O.S. et al.; **Compêndio de utilização de indicadores do metabolismo animal**. 352p. –belo horizonte , 2013.

SILVA, D.J.; Queiroz, A.C. **Análises de alimentos**: métodos químicos e biológicos. 3 ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 235p.



SILVA, V. P. ET AL; "Passage cinética de digesta em cavalos alimentados com feno coastcross feno em graus diferentes." **Ciência e Agrotecnologia** 38,5 (2014): 506-514.

UDÉN P.; COLUCCI P.E.; VAN SOEST, P.J. Investigation of chromium, cerium and cobalt as markers in digesta rate of passage studies. **Journal Science and Food Agriculture**, v.31, p.625-632, 1980.

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

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.

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

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2.ed. Ithaca: Comstock Publication Association, 1994. 476p.

VERVAKE, I. J. et al. Approach to the energetic importance of fiber digestion in pigs. II An experimental approach to hindgut digestion. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 23, p. 169-194, 1989.

ZHANG, W.; Li, D.; Liu,L.; Zang, J.; Duan, O.; Yang, W.; Zhang, L. The effects of dietary fiber level on nutrient digestibility in growing pigs. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v.4, n.17, 2013.



**Digestibilidade de dietas para suínos em crescimento com diferentes níveis de
fibra pela técnicas *in vitro***



Resumo

Dois experimentos foram conduzidos objetivando-se avaliar digestibilidade aparente para suínos em crescimento alimentados com rações contendo diferentes níveis do alimento alternativo casca de soja, comparou-se o método convencional (coleta total de fezes) e sobras com a técnica microbiológica de digestibilidade *in vitro*. No primeiro experimento, alimentou-se 20 suínos machos castrados com ração a base de farelo de soja e milho sendo, níveis de substituição de 7,5; 15,0; 22,5; 30,0% de casca de soja na ração referência. No segundo experimento, avaliou-se a digestibilidade das dietas com 7,5; 15,0; 22,5; 30,0% de substituição casca de soja por milho e soja na ração referência, através da técnica de digestibilidade *in vitro*, utilizando diferentes inoculos (digesta), sendo estes: fezes frescas, material do ceco, material do intestino grosso, os quais foram obtidos de animais que receberam as mesmas dietas experimentais. O inoculo líquido ruminal bovino utilizado como inoculo padrão (referência). Nos experimentos foi utilizado o delineamento inteiramente ao acaso. Os dados do primeiro experimento foram analisados pelo teste de regressão a (5%) de significância. No segundo experimento as médias foram analisadas pelo teste tukey a 5% de significância. O método de digestibilidade *in vitro* contendo como inoculo o líquido ruminal foi estatisticamente semelhante a digestibilidade *in vivo* exceto para a dieta que continha 15% de substituição da casca de soja na dieta referência. A digestibilidade *in vivo* para suínos em crescimento foi reduzida à medida que aumentou o nível de substituição da fibra na dieta referência. Podendo concluir que a substituição na dieta referência em 7,5% de casca de soja, foi similar a digestibilidade da dieta referência. O inoculo mais adequado para se estimar a digestibilidade *in vitro* das dietas testadas foi o inoculo líquido ruminal em relação às fezes frescas, material do intestino grosso, e material do ceco.

Palavras Chaves: digestibilidade *in vitro*, casca de soja, nutrição animal



Abstract

Two experiments were conducted aiming to evaluate apparent digestibility for growing pigs feed diets containing different levels of alternative soybean hulls feed, compared to the conventional method (total collection of feces) and remains with the microbiological technique of in vitro digestibility. In the first experiment 20 barrows feed up with feed based on soybean meal and corn being replacement levels of 7.5; 15.0; 22.5; 30.0% of soybean hulls in the reference diet. The second experiment evaluated the digestibility of diets with 7.5; 15.0; 22.5; 30.0% soybean hulls replacement for corn and soybean in the feed reference by in vitro digestibility technique using different inoculum (digest), these being: Fresh feces, cecum material, the material of the large intestine, which were obtained from animals that received the same experimental diets. The ruminal liquid bovine inoculum was used as the standard inoculum (reference). In the experiments we used the completely randomized design. Data from the first experiment were analyzed by regression test five percent significance. In the second experiment the means were analyzed by Tukey test at five percent significance. The method of in vitro digestibility as inoculum containing ruminal fluid was statistically similar to in vivo digestibility except for the diet containing 15% soybean hulls replacing the reference diet. The in vivo digestibility for growing pigs was reduced as increased fiber replacement level in the reference diet. It can be concluded that the replacement of the reference diet at seven and a half percent of soybean hulls was similar diet digestibility reference. The most suitable inoculum for estimating the in vitro digestibility of the diet was tested rumen fluid inoculum for fresh feces from large intestine material and cecum material.

Key words: in vitro digestibility, soybean hulls, animal nutrition



Introdução

O mercado de produção da carne suína está em expansão assim buscam-se estratégias para reduzir gastos com alimentação desses animais visto que a ração é o principal custo na produção de suínos representando até 75% do valor total. A alimentação está diretamente ligada com o equilíbrio da microbiota intestinal preservando-a uma vez que ela funciona como uma unidade metabólica ativa capaz de influenciar na digestão e no aproveitamento de nutrientes.

A soja e o milho constituem a base da alimentação dos suínos por apresentarem excelentes valores nutricionais. Entretanto, esses alimentos possuem elevados preços sendo utilizados também na alimentação humana. Assim, alternativas que possam substituí-los mantendo ou ainda melhorando a eficiência alimentar são realizadas.

A casca de soja é um subproduto da extração do óleo de soja que apresenta um elevado nível de fibra, um nível médio de proteína bruta e baixa energia, o que favorece a sua utilização para ruminantes e em rações que não necessitam de um alto teor de energia. Em monogástricos a sua utilização ainda é restrita devido ao alto teor de fibra (Silva 2004).

A casca de soja na dieta de suínos tem se mostrado eficiente no aumento dos níveis de consumo quando utilizada em percentagens de 12 a 24% na dieta total, com pouco ou com nenhum efeito sobre o ganho de peso diário Bowers et al. (2000).

A avaliação do valor nutritivo de um alimento para suínos é geralmente realizada por meio de ensaios nutricionais e através da determinação do coeficiente de digestibilidade dos nutrientes de uma ração ou de um alimento. A metodologia clássica para a determinação da digestibilidade aparente de um nutriente é realizada com o animal alojado em gaiola metabólica o que permite o controle individual de



todo o alimento ingerido e excretado durante um período de 24 horas. Este é denominado método aparente ou coleta total de fezes.

Entretanto, esse método de determinação da digestibilidade dos nutrientes para os animais normalmente demanda tempo e é oneroso além de causar impacto ao meio ambiente oriundo das análises laboratoriais. Nos últimos anos foram desenvolvidas várias técnicas para simulação e quantificação do aproveitamento digestivo dos nutrientes, dentre essas a técnica de digestibilidade *in vitro*, que é um método microbiológico de determinar o valor nutritivo de um alimento.

O método de ensaios *in vitro* avalia a digestibilidade de forma rápida e econômica podendo apresentar alta correlação com as determinações *in vivo* (MAURÍCIO et al., 2003). Assim o método proposto por TILLEY & TERRY (1963) vem sendo utilizado na avaliação dos alimentos para ruminantes, sendo ainda modificado e adaptado para utilização em outros animais. As técnicas de digestibilidade *in vitro* baseadas na produção de gases durante a simulação das fermentações bacterianas proporcionam grande exatidão, repetibilidade e elevada sensibilidade, sendo possível o estudo da cinética de fermentação.

Malafaia et al. (1997) concluíram que a maioria dos métodos *in vitro* pode apresentar falha por não utilizar adequadamente o inóculo, os tampões, ou os equipamentos que garantam as condições de pH, anaerobiose, biomassa microbiana e nutrientes essenciais para a mesma.

Assim, esse trabalho teve por objetivo identificar e desenvolver uma metodologia alternativa para avaliar dietas para suínos em crescimento com diferentes níveis de fibra baseadas no método de digestibilidade *in vitro* proposto por Tilley e Terry (1963), comparado com o método padrão de digestibilidade *in vivo*.



Material e Métodos

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Calorimetria de Metabolismo Animal e as análises no laboratório de nutrição animal do Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais. Na primeira etapa, foram utilizados 20 suínos machos castrados de linhagem comercial com peso inicial médio de 29 quilos distribuídos em delineamento experimental inteiramente casualizado com cinco tratamentos (uma dieta referência e quatro substituições desta dieta por casca de soja) e quatro repetições sendo um animal por unidade experimental. Os animais foram alojados em gaiolas metabólicas metálicas providas de bebedouros, comedouros e coletores de fezes e urina individuais, Pekas (1968). As dietas foram formuladas para atender as exigências nutricionais dos animais de acordo com a tabela brasileira de composição de rações Rostagno, (2005), de acordo com a tabela 1.

Tabela 1. Composição das dietas experimentais (%)

Composição das Dietas Experimentais (%)					
Alimento	T1	T2	T3	T4	T5
Farelo de milho	62,6600	57,1225	51,5850	46,0474	40,5099
Farelo de soja 45%	32,2443	30,3551	28,4658	26,5766	24,6873
Casca de soja	0,0000	7,5000	15,0000	22,5000	30,0000
Óleo de soja	1,5000	1,5000	1,5000	1,5000	1,5000
Fosfato bi cálcio	1,5755	1,5713	1,5672	1,5630	1,5588
Calcário	1,1083	1,0279	0,9476	0,8673	0,7870
Sal	0,4056	0,4093	0,4131	0,4168	0,4206
Vit – sui	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000
DL- Methionina	0,0063	0,0139	0,0214	0,0289	0,0364
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00



Valor Nutricional Calculada					
ED kcal/kg	3401,7680	3315,4705	3229,1730	3142,8756	3056,5781
EM kcal/kg	3234,6739	3156,0675	3077,4612	2998,8548	2920,2484
EL kcal/kg	2419,7419	2323,8961	2228,0504	2132,2046	2036,3588
PB%	19,8982	19,6197	19,3412	19,0627	18,7842
FB%	2,7930	5,0495	7,3061	9,5627	11,8192
Valor Nutricional Analisado					
ED kcal/kg	3363,98	3251,59	3128,24	3086,08	2963,83
EM kcal/kg	3195,782	3089,014	2971,836	2931,775	2815,641
EL kcal/kg	2347,887	2269,289	2059,674	2018,270	1406,507
PB%*	20,55	19,98	20,90	19,41	19,90
FDN%*	15,18	22,46	29,04	30,49	33,01
FDA%*	5,79	9,53	12,92	15,00	18,09
CA%	1,1404	1,2939	1,1960	1,1973	0,9697
P%	2,1233	3,3101	3,2775	3,3807	3,7934

*Matéria Seca

As rações foram fornecidas de forma restrita duas vezes ao dia, por 12 dias sendo (sete dias de adaptação e cinco dias de coleta) calculada de acordo com o peso metabólico dos animais através da equação abaixo.

CRR= Consumo restrito de ração

CRR= I x Peso metabólico

I = Consumo de ração médio dos sete dias (kg)/ Peso metabólico

Peso metabólico (kg)= (Peso Vivo)^{0,75}

A água foi fornecida à vontade em cocho individual durante todo o período experimental. A coleta foi realizada a cada 24 horas pela manhã em sacos plásticos que foram colocados nas gavetas das gaiolas e retirados na hora da coleta. As amostras de fezes e sobras foram homogeneizadas, pesadas e identificadas,



posteriormente foi retirada uma alíquota de 20% de fezes armazenadas individualmente em um freezer para posterior análise. As amostras foram homogeneizadas e pré-secas em estufa de ventilação forçada 55°C por 72 horas e posteriormente moídas a 1 milímetro em moinho tipo Willey.

As análises laboratoriais das rações, sobras e fezes do experimento foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da Escola de Veterinária da UFMG, para determinação dos teores de proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), matéria seca (MS), matéria mineral (MM), como sugerido por Silva e Queiroz (2002), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), conforme Van Soest (1994), e energia bruta (EB) em bomba calorimétrica tipo Parr modelo 6200. A digestibilidade dos nutrientes foi calculada através dos valores de consumo e a produção fecal de cada nutriente, de acordo com as fórmulas.

Onde:

$$*PF = CMS \times (1 - DMS)$$

$$*CMS = PF / (1 - DMS)$$

$$*DMS = 1 - (PF / CMS)$$

Digestibilidade da Matéria Seca

$$DMS (\%) = \frac{MS \text{ Ingerida} - MS \text{ Fecal}}{MS \text{ Ingerida}} \times 100$$

MS Ingerida

*Produção Fecal (PF)

*consumo da matéria seca (CMS)

*digestibilidade da matéria seca (DMS)



O delineamento experimental utilizado na avaliação da digestibilidade das dietas experimentais no primeiro experimento foi o inteiramente casualizado, (sendo 5 dietas testadas e 4 animais por dieta experimental), foi utilizado o teste de regressão para análise dos dados.

Na segunda etapa do experimento foi determinada a digestibilidade *in vitro* das dietas contendo diferentes níveis de substituição da casca de soja na dieta referência pelo método descrito por Goering e Van Soest (1970), com o uso de diferentes inóculos. As amostras de inoculo do ceco e intestino grosso foram obtidas com o abate dos animais ao final do experimento. Foram avaliados os efeitos dos tratamentos (inoculo), nas dietas testadas. O delineamento estatístico utilizado foi inteiramente ao acaso em parcelas subdivididas onde as parcelas são os inóculos testados e as sub-parcelas as dietas analisadas usando o teste estatístico tukey a 5% de probabilidade.

Para a determinação da digestibilidade *in vitro* foi utilizada a técnica descrita por Tilley e Terry (1963) adaptada para o Fermentador Ruminal Daisy^{II} desenvolvido pela empresa ANKOM® Technology Corporation, N.Y. USA, conforme descrito por Santos et al. (2000). Os alimentos foram moídos em moinho tipo faca (MARCONI®), desde peneira com telas 1milimetro, foram pesados 0,5 grama na amostra saco F57 ANKOM® e cada saco, em seguida, foram colocados em frascos fornecidos com o inoculo.

Antes da utilização do inoculo nos jarros, procedeu-se à homogeneização do material em liquidificador pré-aquecido a 39°C, durante aproximadamente 30 segundos. Os inoculos líquido ruminal (LR), fezes fresca suína (FF) , material do ceco (C) e material do intestino grosso (IG) foram filtrados individualmente em pano



de gaze dobrado quatro vezes filtrados até serem obtidos 400mL de cada inoculo para cada jarro. Adicionou-se CO₂ ao recipiente que recebeu o inoculo filtrado antes e após o seu acondicionamento. A temperatura foi mantida em 39°C onde os sacos-filtro F57 foram incubados por 48 horas no do Fermentador Ruminal Daisy^{II}.

Em um segundo estágio do experimento os jarros foram completado pela adição de cerca de 30mililitros de HCl 6 Normal e 8gramas de pepsina (1:10.000) em cada jarro mantendo a temperatura à 39°C por mais 24 horas. A pepsina foi dissolvida em 34 mililitros de água destilada a 35°C durante cinco minutos em agitador e em seguida foi verificado o valor do pH (2 - 3,5).

No término desse período, os jarros foram drenados e os sacos F57 lavados no próprio jarro fermentador cinco a seis vezes com água destilada. O gás contido nos sacos foi removido com delicada pressão das mãos sobre os mesmos. Os sacos foram secos a 105°C em estufa (Fanem modelo 315) por 24 horas para a secagem definitiva e determinação da digestibilidade in vitro da matéria seca (DIVMS).

Após serem retirados da estufa os sacos foram colocados em dissecador para atingirem a temperatura ambiente. Em seguida, foram pesados em balança analítica com precisão de 0,0001 miligramas para se determinar a matéria seca (MS). A DIVMS foi calculada pela diferença entre quantidade incubada de amostra e o resíduo que ficou após a incubação.

Os dados foram submetidos a análise de variância utilizando o pacote estatístico SAEG. Na análise de variância houve interação significativa entre os níveis de fibra e inoculo ($P < 0,05$), os dados de digestibilidade foram comparados com as médias para os fatores níveis de fibra e inoculos testados usando o teste tukey a 5%.



Resultados e Discussão

Os valores médios dos coeficientes de digestibilidade aparente (MS) matéria seca determinada com diferentes inoculos para suínos em crescimento contendo diferentes níveis de fibra são apresentados nas Tabelas 2 a 6. A análise de variância houve interação significativa entre os níveis de fibra e inoculo ($P < 0,05$), os dados de digestibilidade foram comparados com a média para os fatores níveis de fibra e inoculo testado. De acordo com os dados das tabelas constata-se que houve o melhor aproveitamento dos nutrientes pelos suínos alimentados com as rações que não continham nível de fibra e a ração com o menor nível de fibra cujos valores médios de digestibilidade foram 87,47% de digestibilidade da matéria seca para dieta basal e 86,93% de digestibilidade matéria seca para dieta com 7,5% de substituição da casca de soja na dieta referência.

Estas observações estão de acordo com achados de Bowers et al. (2000), que sugere que baixos níveis de casca de soja podem ser utilizados com sucesso em dietas para suínos em crescimento / terminação e podem melhorar o ganho de peso diário. Níveis mais elevados de casca de soja também podem ser utilizados mas, com suplementação de energia para atender as exigências de energia dos suínos.

De acordo com (Merino & Carabano,1992; Cheeke, 1995; De Blas & Wiseman,1998) a digestibilidade da matéria seca correlaciona-se diretamente com as características da parede celular do alimento fibroso. Casca de soja por ser um alimento rico em fibra pode ter limitações no seu aproveitamento pelos suínos uma vez que estes são animais que apresentam limitada capacidade de digestão de fibra bruta. Tem-se verificado que suínos em crescimento e terminação apresentam uma menor digestibilidade dos compostos fibrosos da casca de soja quando comparados com fêmeas em gestação (KORNEGAY, 1981).



Assim, os suínos em crescimento e acabamento faz melhor uso alimentos fibrosos que os suínos mais jovens, e tem sido nestas fases, em que o animal come à vontade, que tem ocorrido o maior custos do custo total de produção devido a alimentação. Os suínos adultos apresentam o seu trato gastrointestinal mais desenvolvido, o qual fornece melhor desempenho, devido a ação da microbiota no (cólon e ceco) sobre a fibra ingerida, e a produção de ácidos gordos voláteis que podem ser absorvidos e utilizados como fonte de energia para estes animais (Noblet e Perez 1993) ; (Noblet e Knudsen 1997).

O uso da técnica *in vitro* para a predição da digestibilidade aparente *in vivo*, pode ser recomendada devido aos elevados coeficientes de correlação (Silva, 1990).

Pois, trata-se de um método que se possibilita comparar alimentos, espécies ou cortes realizados em diferentes períodos de crescimento de um grande número de espécies forrageiras (Silva, 1990; Holden, 1999; Mabeesh et al., 2000; Santos et al., 2000).

Estudos indicam que há efeitos significativos da fonte de inóculo sobre a digestibilidade da MS (NELSON et al., 1973; GRANT et al., 1974).

Como alternativa de inóculo o uso de fezes vem sendo usado com relativo sucesso. El Shaer et al. (1987) utilizaram fezes de carneiro como fonte de inóculo obtendo alta correlação ($r^2 = 0,98$) entre a digestibilidade aparente *in vivo* e *in vitro* ao empregarem a técnica Tilley e Terry (1963).

No estudo da digestibilidade *in vitro* existem várias fontes de variação (Johnson, 1966) que podem interferir na metodologia.

Akhter e Hossain (1998) verificando a substituição de líquido ruminal por fezes de bovinos na digestibilidade *in vitro* encontraram valores absolutos de



digestibilidade menores para o inoculo com fezes apresentando porém, alta correlação ($r^2 = 0,95$) com o líquido ruminal.

Avaliando o uso de diferentes fontes de inoculo através do uso do fermentador Daisy^{II} de diferentes alimentos, Silva et al. (2003) observaram coeficientes de digestibilidade *in vitro* de feno de coastcross para fezes de equinos como fonte de inoculo de 40,3% que foi superior ao encontrado por Pereira et al. (2012), de 30,1% de CDMS. No entanto, no processo de pré-digestão *in vivo* + fermentação *in vitro* foram observado valores similares entre Silva et al. (2009) e Pereira et al. (2012), de 52,4 e 53,2%, respectivamente, provavelmente devido às diferenças na composição químicas das gramíneas. Já na digestibilidade da matéria seca do amendoim forrageiro no processo *in vivo*, Silva et al. (2009) observaram valores de 83,7%, que foram superiores aos observados por Pereira et al. (2012) de 75,9 e 77,1%, respectivamente.

De acordo com a tabela 2, a digestibilidade *in vivo* da ração (BASAL) foi estatisticamente semelhante a digestibilidade *in vitro* quando usado o inoculo liquido ruminal (LR). A digestibilidade da ração basal quando usado líquido de rúmen foi semelhante em digestibilidade quando utilizado material de ceco (CECO). No entanto, a digestibilidade da ração basal quando utilizado material de intestino grosso (GI) e fezes frescas (fezes) foi estatisticamente menor do que a digestibilidade *in vivo* e quando utilizado o liquido de rumem.



Tabela 2. Digestibilidade *in vivo* da Matéria Seca da dieta basal BASAL (0% de substituição da casca de soja) comparado com a digestibilidade *in vitro* da matéria seca usando diferentes inóculos: líquido ruminal (LR), fezes fresca de suínos (FF), material do ceco (C) e material do intestino grosso (IG).

DIETAS / INOCULO	DIGESTIBILIDADE
BASAL	87,47 A
IG	68,51 C
C	74,97 BC
LR	80,75 AB
FF	69,61 C

CV (%)= 4,73. Médias seguidas por letras diferentes na coluna representam diferença estatística pelo teste Tukey ($p < 0.05$)

Maurício et al. (1998) compararam o líquido de rúmen e de fezes de vacas como fonte de microrganismos para produção de gás *in vitro* tendo encontrado o perfil de fermentação descrito pelas fezes com à “lag” (lag time) superior ao líquido ruminal, provavelmente devido à baixa atividade ou concentração dos organismos fecais, mas com grande potencial como inóculo alternativo para a técnica *in vitro* especialmente quando o líquido ruminal não está disponível.

Holden (1999), avaliando milho moído com a composição de 7,44% em PB, 6,47% em FDN 2,80% em FDA, encontrou o valor de 88,21% de digestibilidade da matéria seca usando a técnica de digestibilidade *in vitro*.

De acordo com Alcalde et al. (2001), em experimento com diferentes inóculos verificaram que o inóculo de líquido de rúmen via sonda esofágica apresentou maior ($P < 0,05$) digestibilidade da matéria seca para o farelo de soja e o inóculo de fezes 200/200 foi a menor resposta. Os dois tipos de inóculos de líquido de rúmen (via sonda esofágica e fistula ruminal), apresentaram maior ($P < 0,05$) DIVMS (83,62%) para o farelo de canola comparado aos inóculos de fezes (81,62%). Os inóculos de fezes não foram eficientes para o farelo de soja, farelo de canola e os fenos, supondo-



se que o meio microbiano provindo das fezes gera fermentação mas não com a mesma qualidade do que o líquido ruminal. Isso se deve provavelmente ao desenvolvimento de colônias de bactérias diferentes daquelas encontradas no rúmen. A digestibilidade da matéria seca com o inoculo de rúmen (fístula e sonda) foram maiores ($P < 0,05$). O uso de fezes de bovinos como fonte de inoculo na diluição 100/300 para avaliar a DIVMS foi eficiente, exceto para o farelo de canola e feno de Tifton85. Os quatro tipos de inoculo não influenciaram ($P > 0,05$) nas DIVMS do farelo de trigo e do milho moído, apresentando as médias de 79,09% e 94,24% de digestibilidade da matéria seca respectivamente. Considerando que o inoculo de fezes apresenta a mesma eficiência de fermentação para os alimentos mencionados comparados ao inoculo de líquido de rúmen (via sonda esofágica e fistula ruminal).

De acordo com a tabela 3, a digestibilidade *in vivo* da ração com 7,5 % de substituição da ração basal pela casca de soja foi estatisticamente semelhante a digestibilidade *in vitro* quando usado o inoculo líquido ruminal. Entretanto a digestibilidade quando utilizados os inoculos de intestino grosso, material do ceco e fezes frescas foram estatisticamente menor do que a digestibilidade *in vivo* e quando utilizado o inoculo líquido ruminal.



Tabela 3. Digestibilidade *in vivo* da Matéria Seca da dieta com 7,5% de substituição da casca de soja comparado com a digestibilidade *in vitro* da matéria seca usando diferentes inóculos: líquido ruminal (LR), fezes fresca de suínos (FF), material do ceco (C) e material do intestino grosso (IG).

DIETAS / INOCULO	DIGESTIBILIDADE
7,5	86,93 A
IG	65,61 B
C	70,05 B
LR	80,66 A
FF	68,30 B

CV (%)= 5,61. Medias seguidas por letras diferentes na coluna representam diferença estatística pelo teste Tukey ($p < 0.05$).

De acordo com a tabela 4, a digestibilidade *in vivo* da ração com 15 % de substituição da ração basal pela casca de soja, foi estatisticamente diferente da digestibilidade *in vitro* quando utilizados diferentes inóculos. A digestibilidade *in vivo* foi visivelmente maior nos mostrando que nenhum desses inóculos foi significativo para prever a digestibilidade da ração com o nível de 15% de substituição da casca de soja.

Tabela 4. Digestibilidade *in vivo* da Matéria Seca da dieta com 15,0% de substituição da casca de soja comparado com a digestibilidade *in vitro* da matéria seca usando diferentes inóculos: líquido ruminal (LR), fezes fresca de suínos (FF), material do ceco (C) e material do intestino grosso (IG).

DIETAS / INOCULO	DIGESTIBILIDADE
15	82,99 A
IG	65,24 C
C	69,20 C
LR	77,12 B
FF	65,77 C

CV (%)= 3,65. Medias seguidas por letras diferentes na coluna representam diferença estatística pelo teste Tukey ($p < 0.05$).



De acordo com a tabela 5, a digestibilidade *in vivo* da ração com 22,5 % de substituição da ração basal pela casca de soja foi estatisticamente semelhante a digestibilidade *in vitro* quando usado o inoculo liquido ruminal. Entretanto a digestibilidade quando utilizados os inoculos de intestino grosso, material do ceco e fezes frescas foram estatisticamente menor do que a digestibilidade *in vivo* e menor também quando utilizado o inoculo líquido ruminal.

Tabela 5. Digestibilidade *in vivo* da Matéria Seca da dieta com 22,5% de substituição da casca de soja comparado com a digestibilidade *in vitro* da matéria seca usando diferentes inóculos: liquido ruminal (LR), fezes fresca de suínos (FF), material do ceco (C) e material do intestino grosso (IG).

DIETAS / INOCULO	DIGESTIBILIDADE
22,5	81,66 A
IG	63,04 B
C	65,95 B
LR	76,99 A
FF	64,75 B

CV (%)= 7,63. Medias seguidas por letras diferentes na coluna representam diferença estatística pelo teste Tukey ($p < 0.05$)

Regmi et al. (2009), Avaliando técnicas de digestibilidade *In vitro* com qualquer celulase (IVD-CEL) ou Viscozyme (um complexo multi enzimático para digerir fibras; Novozymes, Bagsvaerd, Dinamarca; IVD-VIS) para prever a digestibilidade aparente da energia no total trato gastrointestinal (attd) e conteúdo energia digestível de dietas e alimentos para suínos constatou-se que, as técnicas testadas não obtiveram uma boa predição da variação da digestibilidade aparente da energia no total trato gastrointestinal e do conteúdo energia digestível dos grãos de trigo. A digestibilidade *in vitro* da energia e digestibilidade *in vitro* da matéria seca variou 79,8-91,0% e 82,0-91,5% para IVD-CEL, e variou 76,2-87,0% e 79,1-89,4% para IVD-VIS, respectivamente. A relação entre a digestibilidade *in vitro* da MS e



características de grãos tais como a fibra em detergente ácido foi mais forte para o IVD-VIS do que para a técnica IVD-CEL ($R^2 = 0,89$ vs. $0,70$). Concluindo que a técnica de IVD-VIS pode ter uma precisão de ($R^2 = 0,82$) para prever o attd de energia no trigo em suínos, mas a técnica de IVD-CEL não. Portanto, a técnica IVD-VIS pode ser útil como o valor de referência para calibrar o equipamento analítico para prever o attd de energia rapidamente em trigo.

De acordo com a tabela 6, a digestibilidade *in vivo* da ração com 30 % de substituição da ração basal pela casca de soja foi estatisticamente semelhante a digestibilidade *in vitro* quando usado o inoculo liquido ruminal. Entretanto a digestibilidade quando utilizados os inoculos de intestino grosso, material do ceco e fezes frescas foram estatisticamente menor do que a digestibilidade *in vivo* e também quando utilizado o inoculo líquido ruminal.

Tabela 6. Digestibilidade *in vivo* da Matéria Seca da dieta com 30,0% de substituição da casca de soja comparado com a digestibilidade *in vitro* da matéria seca usando diferentes inóculos: liquido ruminal (LR), fezes fresca de suínos(FF), material do ceco(C) e material do intestino grosso (IG).

DIETAS / INOCULO	DIGESTIBILIDADE
TRINTA	79,06 A
IG	61,08 B
C	63,99 B
LR	74,99A
FF	62,51B

CV (%)= 6.75. Medias seguida por letras diferentes na coluna representam diferença estatística pelo teste Tukey ($p < 0.05$)

Arruda et al.(2002), avaliando a digestibilidade aparente dos nutrientes com coelhos em crescimento alimentados com rações contendo diferentes níveis de amido (22 a 32% em média) e diferentes fontes de fibra (feno de alfafa ou casca de soja). Não foram observados efeitos significativos para a interação entre fontes de fibra e



níveis de amido. A melhor digestibilidade dos nutrientes foi observada com as rações contendo maior nível de amido (73,56%MS, 74,30%MO, 95,08% amido. Por outro lado, melhor digestibilidade dos nutrientes foi observada com as rações contendo casca de soja (72,37% matéria seca, 73,06% matéria orgânica, 95,10% amido. Estes resultados sugerem que as rações com maiores níveis de amido ou com casca de soja podem ser utilizadas eficientemente pelos coelhos, respeitando-se as recomendações nutricionais.

Conclusão

O método de digestibilidade *in vitro* com o inóculo o líquido ruminal foi eficiente para determinar a digestibilidade de dietas contendo níveis de substituição da fibra pela dieta referência comparado com a digestibilidade *in vivo*, exceto para a dieta contendo 15% de substituição de fibra.

A digestibilidade *in vivo* para suínos em crescimento foi reduzindo linearmente a medida que se aumentou o nível de substituição da fibra na dieta referência.

A substituição da dieta referência em 7,5% da fibra casca de soja foi similar a digestibilidade da dieta referência ainda que o inóculo mais adequado para se estimar a digestibilidade *in vitro* das dietas testadas tenha sido o líquido ruminal.

Referências Bibliográficas

AKHTER, S, HOSSAIN, MM (1998). Cow faeces in *in vitro* digestibility assays of forages. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* **11**, 51-54.

ALCADE, CR, MACHADO, RM, dos SANTOS, GT, PICOLLI, R, JOBIM, CC (2001). *In vitro* digestibility of foodstuffs with inoculum of bovine feces or ruminal fluid. *Acta Scientiarum* **23**, 917-921.



ARRUDA, AMVd, LOPES, DC, FERREIRA, WM, ROSTAGNO, HS, de QUEIROZ, AC, PEREIRA, ES, ALBINO, LFT, da SILVA, JF (2002). Nutrients apparent digestibility in diets with different starch levels and fiber source for growing rabbits. *Revista Brasileira De Zootecnia* **31**, 1166-1175.

BOWERS S, K.A. et al. Evaluating inclusion levels of soybean hulls in finishing pig diets. **Swine Day-Purdue University**. August, p.39-42, 2000.

CHEEKE, PR (1995). **Alimentación y nutrición del conejo**. . 429p.

DE BLAS C., WISEMAN J., 1998. **The nutrition of the rabbit**. CABI Publishing, CAB International, Wallingford Oxon (UK), 344p.

EL SHAER, H. M., et al. "Use of faecal organisms from sheep for the in vitro determination of digestibility." *The Journal of Agricultural Science* 109.02 (1987): 257-259.

GOERING, H. KEITH, and PETER J. VAN SOEST. "Forage fiber analyses (apparatus, reagents, procedures, and some applications)." *USDA Agr Handb* (1970).

GRANT, R. J., P. J. VAN SOEST, and R. E. MCDOWELL. "Influence of Rumen Fluid Source and Fermentation Time on In Vitro True Dry Matter Digestibility¹." *Journal of dairy science* 57.10 (1974): 1201-1205.

HOLDEN, LA (1999). Comparison of methods of in vitro dry matter digestibility for ten feeds. *Journal of Dairy Science* **82**, 1791-1794.

JOHNSON, RR (1966). Techniques and procedures for *in vitro* and *in vivo* rumen studies. *Journal of Animal Science* **25**, 855-875.

KORNEGAY, ET (1981). Soybean hull digestibility by sows and feeding value for growing-finishing swine. *Journal of Animal Science* **53**, 138-145.



MABJEESH, SJ, COHEN, M, ARIELI, A (2000). In vitro methods for measuring the dry matter digestibility of ruminant feedstuffs: Comparison of methods and inoculum source. *Journal of Dairy Science* **83**, 2289-2294.

MALAFAIA, PAM (1997). Taxas de digestão das frações protéicas e de carboidratos de alimentos por técnicas in situ, in vitro e de produção de gases. (Tese).

MAURÍCIO, RM, PEREIRA, LGR, GONÇALVES, LC, RODRIGUEZ, NM, MARTINS, RGR, RODRIGUES, JAS (2003). Potential of semi-automated in vitro gas production technique for sorghum silages evaluation. *Revista Brasileira De Zootecnia-Brazilian Journal of Animal Science* **32**, 1013-1020.

MAURÍCIO, R. M., F. MOULD, and E. OWEN. "Avaliação de fezes bovina como fonte de microrganismos em substituição ao líquido ruminal bovino para a técnica in vitro de produção de gás." *Arq. bras. med. vet. zootec* 50.5 (1998): 569-72.

MERINO, J. M., and R. CARABAÑO. "Effect of type of fiber on ileal and fecal digestibilities." *Journal of Applied Rabbit Research* 15 (1992): 931-931.

NELSON, B. D. et al. Factors affecting the variability of an in vitro rumen fermentation technique for estimating forage quality. *Journal of dairy science*, v. 55, n. 3, p. 358-366, (1973).

NOBLET, J, KNUDSEN, KEB (1997). Comparative digestibility of wheat, maize and sugar beet pulp non-starch polysaccharides in adult sows and growing pigs. *Digestive Physiology in Pigs* 571-574.

NOBLET, J, PEREZ, JM (1993). Prediction of digestibility of nutrients and energy values of pig diets from chemical analysis. *Journal of Animal Science* **71**, 3389-3398.



REGMI, P. R.; FERGUSON, N. S.; ZIJLSTRA, R. T. In vitro digestibility techniques to predict apparent total tract energy digestibility of wheat in grower pigs. **Journal of animal science**, v. 87, n. 11, p. 3620-3629, 2009.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L.; GOMES, P.C.; OLIVEIRA, R.F.; LOPES, D.C.; FERREIRA, A.S.; BARRETO, S.L.T. **Tabelas Brasileiras para aves e suínos**. 2ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2005. 186p.

PEKAS, Jerome C. Versatile swine laboratory apparatus for physiologic and metabolic studies. **Journal of animal Science**, v. 27, n. 5, p. 1303-1306, 1968.

PEREIRA, MB, ALMEIDA, FQd, RODRIGUES, LM, et al. (2012). **Técnicas de avaliação da digestão in vivo e in vitro de forrageiras em equinos**. p.1-3.

SANTOS, GT, et al. (2000). Determinação da digestibilidade in vitro de gramíneas do gênero *Cynodon* com uso de diferentes metodologias. **Acta Scientiarum** 22(3):761-764, 2000.

Silva, DJ (1990). **Análise de alimentos**. métodos químicos e biológicos.

SILVA, DJ, QUEIROZ, AC (2002). **Análises de alimentos (métodos químicos e biológicos)**. 235p.

SILVA, JCFD, SANTOS, SA, MONTEIRO, PG, GARCIA, JB (2004). Comportamento ingestivo de vacas de cria em diferentes tipos de pastagens nativas. In: *Simpósio sobre recursos naturais e sócio econômicos do pantanal*, 4. Anais... Corumbá.

SILVA, K.T.; SILVA, D.C.; SANTOS, G.T.; ALCALDE, C.R.; ZAMBOM, M.A.; MODESTO, E.C.; FURTADO, C.E. Utilização de fezes (equina e bovina) em substituição ao líquido ruminal como fonte de inóculo para determinação da digestibilidade “in vitro” de alimentos para ruminantes. **Acta Scientiarum**, v.25, n.2, p.355-361, 2003.



SILVA, VINÍCIUS PIMENTEL , et al. "Digestibilidade dos nutrientes de alimentos volumosos determinada pela técnica dos sacos móveis em equinos." *Revista Brasileira de Zootecnia* 38.1 (2009): 82-89.

TILLEY, J. M. A.; TERRY, R. A. A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *Grass and forage science*, v. 18, n. 2, p. 104-111, (1963).

VAN SOEST, PJ (1994). *Nutritional ecology of the ruminant*. 2ed., 476p.



**Quantificação do indicador dióxido de titânio por diferentes técnicas para
determinação da produção fecal de suínos em crescimento**



Resumo

Foi conduzido um experimento objetivando-se avaliar a produção fecal de suínos em crescimento alimentados com rações contendo diferentes níveis do alimento alternativo casca de soja, comparou-se o método convencional (coleta total de fezes) com a técnica de indicador, o qual foi quantificado por diferentes técnicas analíticas. No experimento, alimentou-se 20 suínos machos castrados com ração a base de farelo de soja e farelo de milho, e níveis de substituição de 7,5; 15,0; 22,5; 30,0% de casca de soja na ração referência. O indicador Dióxido de Titânio (TiO_2) foi fornecido uma vez ao dia pela manhã para todos os animais, e a coleta total de fezes foi realizada uma vez ao dia pela manhã a cada 24 horas pós-fornecimento do indicador. No experimento foi utilizado o delineamento inteiramente ao acaso com parcela subdividida, onde a dieta foi a parcela e o indicador a sub-parcela. As médias foram analisadas pelo teste tukey a 5% de significância. A média da produção fecal real medida foi estatisticamente igual aquele determinada pelo indicador dióxido de titânio. O indicador quantificado por diferentes técnicas foi similar na estimativa produção fecal, portanto todas três técnicas testadas podem ser utilizados para análise do TiO_2 nas fezes de suínos.

Palavras Chaves: digestibilidade in vivo, casca de soja, indicador



Abstract

An experiment was carried out to evaluate the fecal production of growing pigs fed diets containing different levels of the alternative soybean meal, the conventional method (total collection of feces) was compared with the marker technique, which was quantified By different analytical techniques. In the experiment, 20 castrated male pigs were fed with soybean meal and maize meal, and replacement levels of 7.5; 15.0; 22.5; 30.0% of soybean hulls in the reference diet. The Titanium Dioxide (TiO_2) marker was supplied once a day in the morning for all animals, and total collection of feces was performed once a day in the morning every 24 hours post-delivery indicator. In the experiment, a completely randomized design with subdivided plot was used, where the diet was the plot and the marker was the subplot. The averages were analyzed by the Tukey test at 5% of significance. The mean of the actual fecal yield measured was statistically equal to that determined by the titanium dioxide marker. The marker quantified by different techniques was similar in fecal production estimation; therefore all three techniques tested can be used for analysis of (TiO_2) in swine feces.

Key Words: in vivo digestibility, soybean hull, indicator



Introdução

Nos últimos anos várias técnicas para simulação e quantificação do aproveitamento digestivo dos nutrientes foram desenvolvidas, dentre essas a técnica de indicadores onde se coleta menos fezes e estima a digestibilidade, produção fecal e consumo através das fezes. Para avaliar e quantificar esses indicadores existe também diversas técnicas, dentre essas técnicas, a técnica do espectrofotômetro de ultravioleta considerada a técnica padrão.

A Espectrofotometria no ultravioleta pode ser conceituada como um procedimento analítico através do qual se determina a concentração de espécies químicas mediante a absorção de energia radiante (luz).

Uma solução quando iluminada por luz branca, apresenta uma cor que é resultante da absorção relativa dos vários comprimentos de onda que a compõem, que pode ser analisados por um espectrofotômetro. Esta absorção, em cada comprimento de onda, depende da natureza da substância, de sua concentração e da espessura da mesma que é atravessada pela luz.

A técnica de difração a laser baseia-se no princípio (difração Fraunhöffer), que sugere que quanto menor o tamanho da partícula, maior o ângulo de difração de um feixe luminoso que atravessa uma população de partículas. Essa técnica não mede partículas individuais. Através de transformações matemáticas complexas (transformada de Fourier inversa), calcula-se uma estatística de distribuição de tamanho dessa população de partículas (Saliba, 2009).

Assim, esse trabalho teve por objetivo avaliar técnicas de determinação do indicador titânio em fezes de suínos para estimar produção fecal total, comparado com o método padrão de coleta total de fezes.



Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Laboratório de Calorimetria de Metabolismo Animal e as análises no laboratório de nutrição animal do Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais. Foram utilizados 20 suínos machos castrados de linhagem comercial com peso inicial médio de 29 ± 1 kg quilos distribuídos em delineamento experimental inteiramente casualizado com cinco tratamentos (uma dieta referência e quatro substituições desta dieta por casca de soja) de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1. Composição das dietas experimentais (%)

Composição das Dietas Experimentais (%)					
Alimento	T1	T2	T3	T4	T5
Farelo de milho	62,6600	57,1225	51,5850	46,0474	40,5099
Farelo de soja 45%	32,2443	30,3551	28,4658	26,5766	24,6873
Casca de soja	0,0000	7,5000	15,0000	22,5000	30,0000
Óleo de soja	1,5000	1,5000	1,5000	1,5000	1,5000
Fosfato bi cálcio	1,5755	1,5713	1,5672	1,5630	1,5588
Calcário	1,1083	1,0279	0,9476	0,8673	0,7870
Sal	0,4056	0,4093	0,4131	0,4168	0,4206
Vit – sui	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000
DL- Methionina	0,0063	0,0139	0,0214	0,0289	0,0364
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Valor Nutricional Calculada					
ED kcal/kg	3401,7680	3315,4705	3229,1730	3142,8756	3056,5781
EM kcal/kg	3234,6739	3156,0675	3077,4612	2998,8548	2920,2484
EL kcal/kg	2419,7419	2323,8961	2228,0504	2132,2046	2036,3588
PB%	19,8982	19,6197	19,3412	19,0627	18,7842
FB%	2,7930	5,0495	7,3061	9,5627	11,8192



Valor Nutricional Analisado					
ED kcal/kg	3363,98	3251,59	3128,24	3086,08	2963,83
EM kcal/kg	3195,782	3089,014	2971,836	2931,775	2815,641
EL kcal/kg	2347,887	2269,289	2059,674	2018,270	1406,507
PB%*	20,55	19,98	20,90	19,41	19,90
FDN%*	15,18	22,46	29,04	30,49	33,01
FDA%*	5,79	9,53	12,92	15,00	18,09
CA%	1,1404	1,2939	1,1960	1,1973	0,9697
P%	2,1233	3,3101	3,2775	3,3807	3,7934

***Matéria Seca**

Foram utilizados quatro repetições por dieta sendo um animal a unidade experimental. Os animais foram alojados em gaiolas metabólicas metálicas providas de bebedouros, comedouros e coletores de fezes e urina individuais, Pekas (1968). As dietas foram formuladas para atender as exigências nutricionais dos animais de acordo com a tabela brasileira de composição de rações.

As rações foram fornecidas de forma restrita duas vezes ao dia, por 12 dias sendo (sete dias de adaptação e cinco dias de coleta) calculada de acordo com o peso metabólico dos animais através da equação 1. A cápsula do indicador dióxido de titânio contendo dois gramas foi fornecido uma vez ao dia por sete dias sendo 5 dias de coleta e sete de adaptação, e após 24 horas foi realizada a coleta de fezes.

CRR= Consumo restrito de ração

CRR= I x Peso metabólico

I = Consumo de ração médio dos sete dias (kg)/ Peso metabólico

Peso metabólico (kg)= (Peso Vivo)^{0,75}



A água foi fornecida à vontade em cocho individual durante todo o período experimental. A coleta de fezes foi realizada a cada 24 horas pela manhã em sacos plásticos que foram colocados nas gavetas das gaiolas e retirados na hora da coleta. As amostras de fezes e sobras foram homogeneizadas, pesadas e identificadas, posteriormente foi retirada uma alíquota de 20% de fezes armazenadas individualmente em um freezer para posterior análise. As amostras foram homogeneizadas e pré-secas em estufa de ventilação forçada 55°C por 72 horas e posteriormente moídas a 1 milímetro em moinho tipo willy.

As análises laboratoriais das rações, sobras e fezes do experimento foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da Escola de Veterinária da UFMG, para determinação dos teores de proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), matéria seca (MS), matéria mineral (MM), como sugerido por Silva e Queiroz (2002), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), conforme Van Soest (1994), e energia bruta (EB) (Aoac, 1995). A digestibilidade dos nutrientes foi calculada através dos valores de consumo e a produção fecal de cada nutriente, de acordo com as formulas. A análise de quantificação do indicador titânio foi realizada através da técnica espectrofotômetro ultravioleta (Eldim, 1918) e da técnica de difração a laser (Partica) de acordo com Saliba, (2009).

Onde:

$$*PF = CMS \times (1 - DMS)$$

$$*CMS = PF / (1 - DMS)$$

$$*DMS = 1 - (PF / CMS)$$

Digestibilidade da Matéria Seca

$$DMS (\%) = \frac{MS \text{ Ingerida} - MS \text{ Fecal} \times 100}{MS \text{ Ingerida}}$$

MS Ingerida



- *Produção Fecal (PF)
- *consumo da matéria seca (CMS)
- *digestibilidade da matéria seca (DMS)

O delineamento experimental utilizado na avaliação da digestibilidade das dietas experimentais foi o inteiramente casualizado, usando o teste tukey para análise dos dados.

Resultados e Discussão

A estimativa média da produção fecal g/dia na (MS) matéria seca de dietas com diferentes níveis de substituição da casca de soja (0; 7.5 ;15.0; 22.5;30.0) determinado com o indicador titânio e analisado por diferentes técnicas são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. O valor médio da produção fecal aparente na (MS) matéria seca determinado com o indicador titânio e analisado por diferentes técnicas

TITANIO/ TÉCNICAS	PFgr/dia na MS
Ultravioleta	211,6 ±78,4
Difração a Laser	198 ±104,8
Coleta total das Fezes	170,9±47,6

$$Y = 150 + 2,91 \text{ Níveis}$$

A comparação da determinação do titânio por diferentes técnicas foi feita pelo teste de regressão $R^2=75\%$.

Observa-se na Tabela 2, de estimativa de produção fecal, que não houve interação entre os indicadores e as técnicas testadas, assim foram analisadas as médias da produção fecal determinada por cada técnica.

Na análise de variância não houve interação significativa entre o as técnicas de determinação da produção fecal através do indicador dióxido de titânio ($P<0,05$). Os dados foram comparados através das médias da produção fecal real



comparada com a média de produção fecal determinada pelo método de indicador analisado pelas diferentes técnicas.

A produção fecal real dos suínos em crescimento foi analisada pelo teste tukey a 5% de probabilidade.

O comportamento da dieta ao longo do tempo independente do método de determinação foi o mesmo, quanto mais se adiciona casca de soja maior a produção fecal.

De acordo com Nunes et al., (2017) com o objetivo de validar as técnicas instrumentais difração a laser (Partica) e espectroscopia no infravermelho (FTIV) em substituição ao método referencia técnica enzimática, para quantificação do amido, foram utilizados quinze suínos machos castrados, com peso médio ± 25 kg e 65 dias de idade. Adotou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado com arranjo em parcelas subdivididas, as parcelas foram as dietas e as subparcelas foram as técnicas (Partica , FTIV e Técnica enzimática, com 5 repetições (animal) por dieta). Os resultados obtidos nas técnicas pelo Partica e FTIV foram comparados com o método referencia. Não houve diferença estatística ($P>5\%$) entre as técnicas avaliadas em relação ao método referência para quantificação do amido. Entretanto observa –se que a técnica pelo FTIV foi diferente do método referencia para ($P>5\%$) superestimando as médias das amostras analisadas.

De acordo com Ferreira, (2016) realizou um experimento no laboratório de nutrição animal da Escola de Veterinária da UFMG, com o objetivo de validar a técnica instrumental Partica em substituição ao método referência para quantificação do dióxido de titânio nas fezes de bezerros alimentados com leite de descarte e sucedâneo acrescidos de diferentes doses de própolis. Os resultados



obtidos nas técnicas Partica e convencional foram comparados com a coleta total de fezes. Houve diferença estatística ($P < 0,05$) entre as técnicas e coleta total de fezes. No primeiro período, a técnica convencional e o método Partica subestimaram a produção de fezes exceto para o T4. No segundo período, os tratamentos T3 e T4 foram semelhantes estatisticamente ($P > 0,05$) à coleta total. Nas dietas T1 e T2 o método convencional e o método Partica diferiram estatisticamente entre si ($P < 0,05$) e entre a coleta total. Quanto a recuperação fecal, no primeiro período as técnicas Convencional e Partica diferiram entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$) e ambas diferiram da coleta total. No segundo período as técnicas Convencionais e Partica foram estatisticamente semelhantes pelo teste de Tukey ($P > 0,05$), mas diferiram da coleta total ($P < 0,05$). Entretanto, em ambos os períodos, a recuperação estimada pelo método Partica foi numericamente mais próxima dos dados obtidos pela coleta total.

De acordo com Nunes et al., (2012) em um experimento com o objetivo de validar o método de indicadores LIPE[®], óxido crômico ($C_{r2}O_3$) e dióxido de titânio (TiO_2) em substituição ao método de coleta total (referência), para determinar a produção fecal, digestibilidade e consumo, de suínos em crescimento, concluiu que não houve diferença estatística ($P > 5\%$) para os indicadores LIPE[®] e dióxido de titânio analisado pela técnica através do espectrofotômetro ultravioleta quando comparados com o método referencia de coleta total de fezes. Entretanto o indicador óxido crômico foi diferente do método referencia para ($P > 5\%$) para todas as variáveis testadas.

Glindemann et al. (2009), ao avaliarem a produção fecal e a taxa de recuperação fecal do dióxido de titânio em ovelhas a pasto, encontraram



resultados satisfatórios para os parâmetros citados acima e recomendaram a aplicação desse indicador duas vezes ao dia.

Marcondes et al. (2007) ao avaliarem o dióxido de titânio e outros indicadores externos e internos para estimar a produção fecal em novilhas mestiças de corte alimentadas com cana-de-açúcar e concentrado, encontraram que esse indicador foi eficiente em estimar a produção de matéria seca fecal, bem como, o consumo de concentrado.

Jagger et al., (1992) avaliaram os indicadores TiO_2 , Cr_2O_3 e lignina no estudo de digestibilidade aparente ileal de aminoácidos em suínos com cânulas reentrantes tipo “T”. Foram acondicionados 1 e 5g/kg de Cr_2O_3 e TiO_2 às dietas. Observou-se uma queda inicial no consumo da dieta quando as quantidades de indicadores foram de 5 g, mas tal fato foi transitório e não mais observado após um período de 7 a 10 dias. A taxa de recuperação foi de 74,6% e 79,7% para as quantidades de 1 e 5 g/kg de Cr_2O_3 , 98,3% e 96,9% para as quantidades de 1 e 5 g/kg de TiO_2 , e 98,1% para lignina. Houve diferença entre os indicadores na determinação da digestibilidade, com exceção do nitrogênio e da histidina. Os valores de digestibilidade de aminoácidos foram subestimados quando usado o Cr_2O_3 . Os autores concluíram que o melhor indicador nesse estudo foi 1g/kg de TiO_2 para determinar a digestibilidade ileal aparente de aminoácidos.

Conclusão

Pode-se concluir que na análise de variância não houve interação significativa entre o as técnicas de determinação da produção fecal através do indicador dióxido de titânio ($P < 0,05$). Os dados foram comparados através das médias da produção fecal real comparada com a média de produção fecal



determinada pelo método de indicador analisado pelas diferentes técnicas. Não houve interação entre os indicadores e as técnicas testadas, assim foram analisadas as médias da produção fecal determinada por cada técnica.

Referências Bibliográficas

AOAC. Association of official agricultural chemists - 1995. *Official methods of 298 analysis*. 16.ed. Washington, D.C. p.1-30

ELDIN, H. Orienterande forsök over anvanbarheten av en pa "ledkroppsprincipen" grundad metod at bestamma en foderblandings smälbarhed. Medd. Centralanst. Foersoeksvaes. **Jordbruksomraadet** 165, 28 (In Swedish), 1918.

FERREIRA, L. R. Indicadores externos para estimar produção fecal e digestibilidade de bezerros mestiços alimentados com leite, sucedâneo acrescidos de diferentes doses de propólis e validação da análise particular por difração a laser para análise de indicador nas fezes. 2016. 56 f. *Dissertação (mestrado em zootecnia)* - Escola de veterinária, Universidade Federal de minas gerais, 2016.

NUNES, A. N. SALIBA, E. de O. S. FONTES, D. O. DELL'ISOLA, A. T. P. SILVA, T. C. S. CAMPOS, P. NUNES, E. P. R. SALIBA, J. S. . FERREIRA, L. R. Quantification and Determination of Starch in Diets Using Different Methodologies: Infrared Spectroscopy with Fourier Transformer, Laser Diffraction and Enzymatic Analysis. **American Journal of Analytical Chemistry** . 8, No. 2, February 2017.

NUNES, A. N. Validação de técnicas instrumentais para quantificação do amido e de indicadores de digestibilidade para dietas de suínos em crescimento. 2012 78 f. *Dissertação (mestrado em zootecnia)* - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, 2012.



GLIDEMANNI, T .; TAS, BM; WANG, C. et ai. Avaliação do dióxido de titânio como marcador inerte para estimar a excreção fecal em ovelhas de pastagem. **Alimentação animal Ciência e Tecnologia** , v.152, p.186-197, 2009.

JAGGER, S.; WISEMAN, J.; COLE, D.J.A. et al. Evaluation of inert markers for the detection of ileal and faecal apparent digestible values in the pig. **British Journal Nutrition**, vol. 68, p. 729-739, 1992.

MARCONDES, M.I. Desempenho de bovinos Nelore alimentados individualmente ou em grupo, exigências nutricionais e avaliação protéica de alimentos para ruminantes. 2007. **Dissertação (Mestrado em Zootecnia)** – UFV, Viçosa, MG, 136 p. 2007.

PEKAS, J.C. Versatile swine laboratory apparatus for physiologic and metabolic studies. **Journal of Animal Science**, v.27, p.1303-1306, 1968. Disponível em: <http://jas.fass.org/cgi/reprint/27/5/1303.pdf>.

SALIBA E. de O. S.; OIVERA M. C. de, FARIA E. P., RODRIGUEZ N. M., RIBEIRO L. G. P, BORGES I., MOREIRA G. R. Avaliação da concentração de amido na raiz de genótipos de mandioca através das técnicas enzimáticas, Espectroscopia no Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIV) e análise particular por difração a laser (Partica). **46ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, pag.1-3, 2009- Maringá- PR.

SILVA, DJ, QUEIROZ, AC (2002). **Análises de alimentos (métodos químicos e biológicos)**. 235p.

VAN SOEST, P.J (1994). **Nutritional ecology of the ruminant**. 2ed., 476p.

<http://www.canaldoprodutor.com.br/sites/default/files/Ativos-Suinocultura-n1.pdf>

USDA - **United States Departament of Agriculture** Acesso em: 12/11/2015.



**Energia líquida de dietas para suínos em crescimento com diferentes níveis
de casca de soja**



Resumo

Um experimento foi conduzido objetivando-se determinar a energia líquida de suínos em crescimento alimentados com ração a base de milho e soja e com quatro níveis de substituição do alimento alternativo (casca de soja) na dieta referência. Os tratamentos foram: 1) ração referência; 2) ração referência, com substituição de 7,5% do milho e soja pela casca de soja; 3) ração referência, com substituição de 15,0% do milho e soja pela casca de soja; 4) ração referência, com substituição de 22,5% do milho e soja pela casca de soja e 5) ração referência, com substituição de 30,0% do milho e soja pela casca de soja; Foram utilizados no experimento 20 suínos machos castrados com peso inicial médio de $29 \pm 1\text{Kg}$, idade média 65 dias. O delineamento experimental utilizado foi delineamento inteiramente ao acaso com 5 tratamentos e 4 animais por tratamento. Pode-se concluir que a medida que aumentou o nível de fibra na dieta aumentou também a produção de calor reduzindo assim as energias bruta, digestível, metabolizável e energia líquida das dietas testadas.

Palavras Chaves: suínos, casca de soja, energia líquida



Abstract

An experiment was conducted to determine the net energy of growing pigs fed corn and soybean meal and four levels of substitution of the alternative food (soybean hull) in the reference diet. The treatments were: 1) reference diet; 2) reference feed, with replacement of 7.5% of corn and soybean by soybean hull; 3) reference ration, with replacement of 15.0% of corn and soybean by soybean hulls; 4) reference ration, with replacement of 22.5% of corn and soybean by soybean hull and 5) reference ration, with replacement of 30.0% of corn and soybean by soybean hull; Twenty male castrated pigs with mean initial weight of 29kg + -1, mean age 65 days, were used in the experiment. The experimental design was a completely randomized design with 5 treatments and 4 animals per treatment. At the end, it can be concluded that the increase in fiber level in the diet also increased the heat production, thus reducing the crude, digestible, metabolizable energy and net energy of the diets tested.

Key words: pigs, soybean hulls, liquid energy



Introdução

A suinocultura vem crescendo muito nos últimos anos, com isso os nutricionistas, pesquisadores e produtores vêm buscando otimizar a produção em função da variação do mercado quanto aos insumos mais utilizados na alimentação dos suínos de forma que atendam as exigências nutricionais desses animais, e que não comprometa o seu desenvolvimento e ainda minimizando o impacto ambiental sem afetar o custo para a produção final.

Uma das medidas que esses profissionais usam, são os alimentos alternativos, pois esses facilitam o manejo nutricional das categorias animais e ainda contornam essa variação de mercado como, por exemplo, a variação do milho e da soja.

Um alimento que tem sido bastante utilizado atualmente é a casca de soja, pois na dieta de suínos tem se mostrado eficiente no aumento dos níveis de consumo quando utilizada em percentagens de 12 a 24% na dieta total, com pouco ou com nenhum efeito sobre o ganho de peso diário Bowers et al. (2000).

Teixeira (1995), relata que a melhor digestibilidade observada para suínos, da polpa da beterraba e da casca de soja quando comparada a outros alimentos que contem elevado teor de fibra, deve-se ao alto conteúdo de substâncias pécticas contidas nesses alimentos, sendo essas substâncias altamente digestíveis. Além disso, há um baixo grau de lignificação e baixa proporção de amido.

Noblet & Milgen, (2004), comentam que a concentração de energia da dieta também tem um papel importante na variação da ingestão de alimentos. Geralmente é com base no conteúdo de energia digestível (ED) e energia metabolizável (EM) que se tem a estimativa precisa do valor energético real do



alimento. Neste sentido, o sistema de mensuração de energia das rações baseado em energia líquida (EL) pode ser mais eficiente, considerando que descreve a energia consumida que o suíno realmente retém (Moehn et al., 2013).

Assim, esse trabalho teve por objetivo determinar a energia líquida para suínos em crescimento alimentados com dieta a base de milho e soja e com substituição na dieta referência por casca de soja em diferentes níveis.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Laboratório de Calorimetria e no Laboratório de Metabolismo Animal do Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais. Foram utilizados 20 suínos machos, castrados, híbridos comerciais da empresa vaccinar, com peso médio de 29 ± 1 Kg, idade média 65 dias e peso final médio de 56 ± 3 Kg com idade de 114 dias.

Os animais foram alojados em gaiolas metabólicas no galpão de metabolismo animal da escola de veterinária da UFMG, as gaiolas metabólicas medindo 1,64 x 0,70 x 1,52m, com laterais móveis e ajustáveis conforme o tamanho de cada animal. As gaiolas apresentavam piso vazado com 1,2cm entre as grades sendo elevadas em 0,64m do chão, abaixo do piso da gaiola foram colocados uma tela de 1,30 x 0,62m com malha de 1,5mm para coletar as sobras de ração e separar a fração sólida da líquida e uma bandeja coletora de fezes e um coletor em forma de funil para coleta de urina. As gaiolas possuíam comedouro e bebedouro individual. A unidade experimental foi de 4 animais por tratamento. O delineamento experimental utilizado foi delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos, quatro repetições por



tratamento. Os tratamentos foram compostos por 5 rações: 1) ração referência; 2) ração referência, com substituição de 7,5% do milho e soja pela casca de soja; 3) ração referência, com substituição de 15,0% do milho e soja pela casca de soja; 4) ração referência, com substituição de 22,5% do milho e soja pela casca de soja e 5) ração referência, com substituição de 30,0% do milho e soja pela casca de soja; com os nutrientes corrigidos, de forma a atender a exigência dos animais de acordo com Rostagno et al. (2005). As rações foram fornecidas de forma restrita duas vezes ao dia, por todo o período experimental, calculada de acordo com o peso metabólico dos animais através das equações abaixo, e a água foi fornecida a vontade durante todo o período experimental.

$$\text{CRR} = I \times \text{Peso metabólico}$$

$$\text{CRR} = \text{Consumo restrito de ração}$$

$$I = \text{Consumo de ração médio dos sete dias (kg)} / \text{Peso metabólico}$$

$$\text{Peso metabólico (kg)} = (\text{Peso Vivo})^{0,75}$$

A composição percentual e os valores calculados das rações experimentais encontram-se na Tabela 1.



Tabela 1. Composição das dietas experimentais (%)

Composição das Dietas Experimentais (%)					
Alimento	T1	T2	T3	T4	T5
Farelo de milho	62,6600	57,1225	51,5850	46,0474	40,5099
Farelo de soja 45%	32,2443	30,3551	28,4658	26,5766	24,6873
Casca de soja	0,0000	7,5000	15,0000	22,5000	30,0000
Óleo de soja	1,5000	1,5000	1,5000	1,5000	1,5000
Fosfato bi cálcio	1,5755	1,5713	1,5672	1,5630	1,5588
Calcário	1,1083	1,0279	0,9476	0,8673	0,7870
Sal	0,4056	0,4093	0,4131	0,4168	0,4206
Vit – sui	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000
DL- Methionina	0,0063	0,0139	0,0214	0,0289	0,0364
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Valor Nutricional Calculada					
ED kcal/kg	3401,7680	3315,4705	3229,1730	3142,8756	3056,5781
EM kcal/kg	3234,6739	3156,0675	3077,4612	2998,8548	2920,2484
EL kcal/kg	2419,7419	2323,8961	2228,0504	2132,2046	2036,3588
PB%	19,8982	19,6197	19,3412	19,0627	18,7842
FB%	2,7930	5,0495	7,3061	9,5627	11,8192
Valor Nutricional Analisado					
ED kcal/kg	3363,98	3251,59	3128,24	3086,08	2963,83
EM kcal/kg	3195,782	3089,014	2971,836	2931,775	2815,641
EL kcal/kg	2347,887	2269,289	2059,674	2018,270	1406,507
PB%*	20,55	19,98	20,90	19,41	19,90
FDN%*	15,18	22,46	29,04	30,49	33,01
FDA%*	5,79	9,53	12,92	15,00	18,09
CA%	1,1404	1,2939	1,1960	1,1973	0,9697
P%	2,1233	3,3101	3,2775	3,3807	3,7934

*Matéria Seca

A determinação da ED e EM das dietas foi realizada por meio do método tradicional de coleta total de fezes e urina. Cada animal permaneceu por 24 horas



na câmara respirométrica, em jejum e alimentado O material recolhido nessas 24 horas foi colocado em sacos plásticos as fezes e em vidro plástico a urina, pesado e armazenado em congelador, até o período final da coleta. Posteriormente as fezes foram pesadas e colocadas em estufa de ventilação forçada a 55°C durante 72 horas para pré-secagem. Após a pré-secagem, o material foi exposto por duas horas à temperatura ambiente e, em seguida, pesado e homogeneizado para posterior análises.

As análises laboratoriais das rações, fezes e urina do experimento foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da Escola de Veterinária da UFMG, para determinação dos teores de proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), matéria seca (MS), matéria mineral (MM), como sugerido por Silva e Queiroz (2002), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), conforme Van Soest (1994), e energia bruta (EB), (AOAC, 1995).

Baseando-se nos dados de consumo da dieta, produção de fezes e de urina e dos resultados das análises de laboratório, procedeu-se o cálculo dos coeficientes de digestibilidade da MS, PB e EB, descrita a seguir:

$$CD \% = \frac{\text{Nutriente consumido} - \text{Nutriente excretado nas fezes} \times 100}{\text{Nutriente consumido}}$$

Assim, com as informações dos dados de consumo de MS, da determinação dos valores de EB e do nitrogênio das fezes e urina, foram calculados os valores de energia digestível (ED) e de energia metabolizável (EM), conforme as seguintes fórmulas:

$$ED = \frac{\text{EB ingerida} - \text{EB excretada nas fezes}}{\text{MS ingerida}}$$



$$EM = \frac{(MS \text{ consumida} \times EB \text{ ração}) - (MS \text{ excretada} \times EB \text{ excretada})}{MS \text{ consumida}}$$

O incremento calórico foi calculado por meio da diferença da produção de calor mensurada nos suínos alimentados subtraído da produção de calor em jejum (IC = PC alimentado – PC jejum).

Para o cálculo da energia líquida das rações foram utilizados os valores de energia metabolizável menos o incremento calórico (EL = EM – IC).

O delineamento estatístico utilizado foi inteiramente casualizado. Foram realizadas análises de variância dos parâmetros: ED, EM e EL utilizando-se o Sistema de Análise Estatística e Genética - SAEG (UFV, 1997). Os dados foram comparados pelo teste F a 5% de probabilidade.

Resultado e Discussão

Os valores médios da partição de energia aparente, incremento calórico determinado com diferentes níveis de fibra para suínos em crescimento são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Média da partição das energias para suínos em crescimento alimentados com dietas contendo nível crescente de fibra

Tratamento *CS	EB*	ED*	EM*	EL*	IC/KG*
0%	3850,76	3363,98	3195,782	2347,887	847,8948
7,5%	3806,00	3251,59	3089,014	2269,289	819,7246
15,0%	3810,45	3128,24	2971,836	2059,674	912,1624
22,5%	3885,25	3086,08	2931,775	2018,270	913,5054
30,0%	3774,33	2963,83	2815,641	1406,507	1409,135
CV	-	3,791	3,791	12,722	22,720
Regressão	NS	L	L	L	L
R ²	NS	0,9825	0,9825	0,8314	0,626

*Energia Bruta(EB), Energia Digestível(ED), Energia Metabolizável(EM)
Energia Líquida(EL), Incremento Calórico(IC/KG), Casca de Soja(CS)

Pela análise de variância houve interação significativa entre os níveis de fibra e energia da dieta ($P < 0,05$), para avaliação da energia digestível, energia metabolizável e energia líquida, os dados foram comparados através das médias para os fatores níveis de fibra e energia.

De acordo com os dados da tabela dois, constata-se que houve uma redução energética linear em relação ao nível de fibra para energia digestível, energia metabolizável e energia líquida pelos suínos alimentados com as rações testadas.

Já na variável incremento calórico apesar da interação ter sido significativa linear entre os níveis de fibra e incremento calórico ($P < 0,05$), a ração contendo 7,5% de substituição da fibra ficou fora do padrão esperado, a medida que se aumentou o nível de fibra também aumentou o incremento calórico reduzindo a energia líquida da dieta. Como pode se observado nos gráficos de um a cinco abaixo.

Gráfico 1. Valor da energia bruta em função dos níveis de fibra das dietas

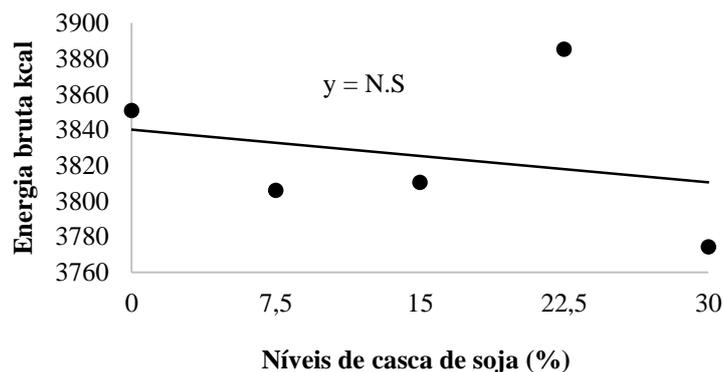


Gráfico 2. Valor da energia digestível em função dos níveis de fibra das dietas

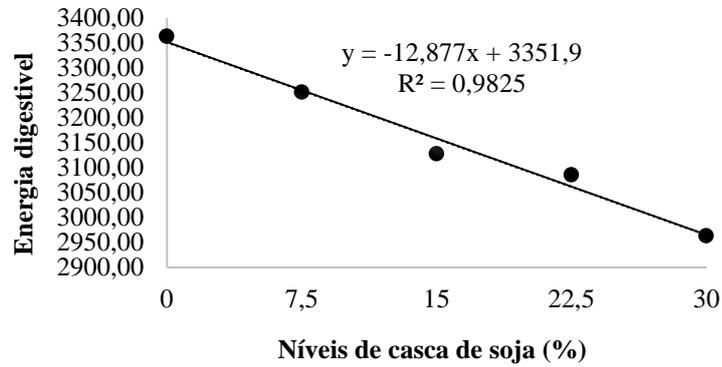


Gráfico 3. Valor da energia metabolizável em função dos níveis de fibra das dietas

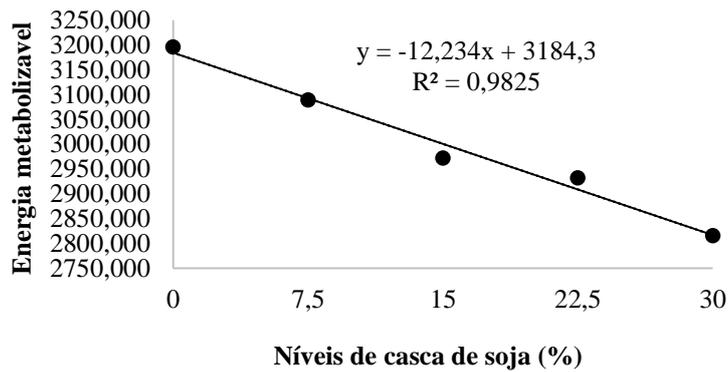


Gráfico 4. Valor da energia líquida em função dos níveis de fibra das dietas

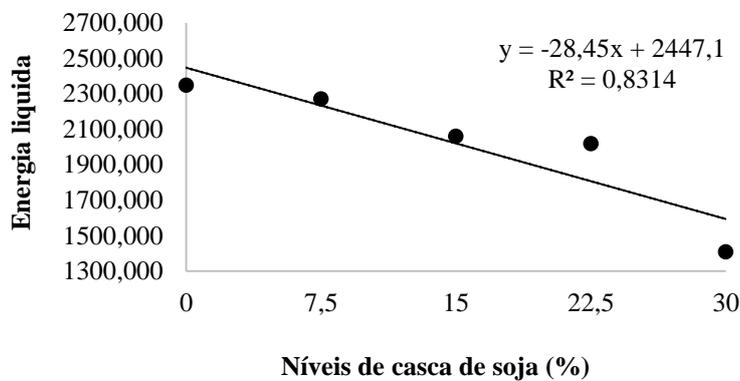
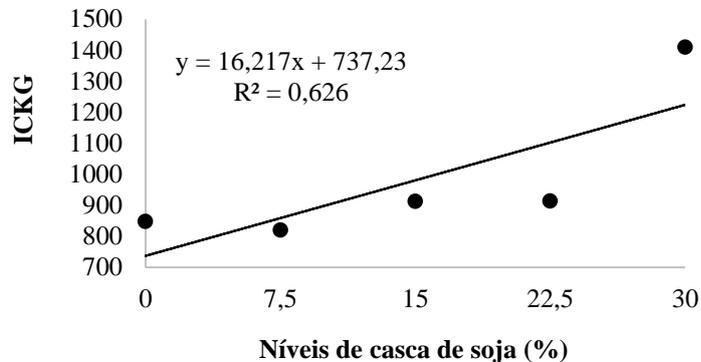


Gráfico 5. Valor do incremento calórico em função dos níveis de fibra das dietas



A fibra dietética (FD) é um componente inevitável da matéria orgânica nas rações de suínos, uma vez que está presente na maioria dos ingredientes e, em grande parte, em subprodutos (farelo de trigo ou ração de glúten de milho, por exemplo) ou forragens mais comuns. Em suínos em crescimento, os coeficientes de digestibilidade de FD são de 0,40-0,50, mas variam de zero em fontes de alta densidade de lignina e FD insolúvel em água (por exemplo palha de trigo) a 0,80-0,90 em fontes de fibras com níveis elevados de pectina ou FD solúvel em água Polpa de beterraba ou casca de soja). Isto também significa que componentes de FD são digeridas de forma diferente por suínos: a lignina é não digerida enquanto que as pectinas são quase totalmente digeridas; A hemicelulose tende a ser mais digerida do que a celulose, embora ambas sejam parcialmente digeridas. No entanto, mesmo se parcialmente digerido, o FD proporciona quantidades insignificantes de energia digerível ou metabolizável ao porco em crescimento devido ao aumento das perdas de proteínas e gorduras endógenas e interações negativas entre o FD e outros componentes dietéticos. A utilização digestiva de FD melhora com o peso corporal do porco com os maiores valores obtidos em porcas adultas. No entanto, esta melhoria



depende da origem botânica do FD. Consequentemente, o FD contribui positivamente para o provisão energético das porcas adultas, pelo que se recomenda que se dê pelo menos dois valores energéticos para os suínos: um para suínos em crescimento e outro para suínos adultos. A digestão de FD também está associada a perdas de energia como metano. A eficiência de utilização de energia metabolizável para energia líquida é mais pobre quando se origina de FD (0,50-0,60 versus 0,80 para amido). Finalmente, a contribuição real da fibra dietética para o balanço energético do suíno pode ser afetada pelas condições climáticas (o aumento de calor do FD é usado para a termo regulação) ou mudanças no comportamento dos porcos (menor atividade física com maior oferta de FD).

De acordo com Gonçalves et al. (2015), ao avaliarem níveis de EL (2300 2425 2550 e 2675 kcal/kg) nas rações para suínos machos castrados em terminação, não verificaram influência dos níveis de EL das rações sobre as características de carcaça do animais (peso de carcaça quente, comprimento de carcaça, profundidade de músculo, espessura de toucinho, porcentagem de carne magra, kg de carne magra e índice de bonificação).

Gentilini et al. (2004), trabalhando com leitoas em gestação fornecendo dieta com baixo e alto nível de fibra (inclusão de 7,0% e 35,0% de casca de soja respectivamente), constataram uma redução no peso aos 110 dias de gestação para as fêmeas que receberam dieta contendo alto nível de fibra ($P= 0,05$). No entanto, não observaram prejuízo ao desempenho produtivo e reprodutivo das fêmeas e de suas leitegadas com o fornecimento de dieta rica em fibra, visto que estas fêmeas apresentaram um maior consumo de ração durante o período de aleitamento ($P= 0,01$), compensando assim o seu desempenho e de sua leitegada.



Mroz et al. (2000) observaram efeito da fonte de carboidrato sobre a digestibilidade total aparente da proteína, encontrando valores de 79, 74 e 72% em suínos na fase de terminação alimentados, respectivamente, com farinha de mandioca, casca de soja e polpa de beterraba. A digestibilidade ileal aparente foi mais baixa em dietas com casca de soja (58,4%) e mais alta em dietas com farinha de mandioca (66,2%). A energia bruta foi mais bem aproveitada em dietas contendo farinha de mandioca (66,3%), seguida pela polpa de beterraba (57,3%) e pela casca de soja (53,8%).

De acordo com Cunha (1977), alimentos fibrosos podem ser utilizados no arraçamento de suínos em crescimento, desde que sejam observados as quantidades e o período de uso. Acostumar os animais a ingerirem alimentos fibrosos desde cedo, faz com que estes se adaptem com maior facilidade à ingestão de fibras quando adultos.

O aumento dos níveis de FB nas dietas de suínos em crescimento reduz a disponibilidade de energia e proteína e afeta a taxa de ganho de peso e a eficiência de utilização da ração. Geralmente, os aumentos nos teores de FB na ração são acompanhados de uma redução na taxa de crescimento e na espessura de toucinho da carcaça. Quando os suínos recebem ração à vontade, o aumento da fibra dietética geralmente reduz o apetite, mas isto nem sempre tem sido confirmado (Calvert, 1991).

Conclusão

O aumento do nível de fibra na dieta aumenta a produção de calor aumentando assim o incremento calórico.

A energia líquida é inversamente proporcional ao incremento calórico assim a mesma reduziu à medida que se aumentou o nível de fibra da dieta.



A energia bruta, digestível e metabólica também foi reduzida com o aumento de fibra na dieta.

Referências Bibliográficas

AOAC. (Association of official analytical chemists). **Official methods of analysis**. 16.ed. Washington: AOAC, 1995.

BOWERS, K.A. et al. Evaluating inclusion levels of soybean hulls in finishing pig diets. **Swine Day-Purdue** University. August, p.39-42, 2000.

CALVERT, C.C. Fiber utilization by swine. **Swine Nutrition**. 1991. 673p.

CUNHA, T.J. Swine feeding and nutrition. **Academic Press**. 1977. p. 164-169.

GENTILINI, F.P.; DALLANORA, D.; PEIXOTO, C.H.; BERNARDI, M.L.; WENTZ, I.; BORTOLOZZO, F.P. Desempenho produtivo de leitoas alimentadas com dietas de gestação de baixo e alto nível de Casca de soja. **Ciência Rural**. V. 34, n.4. p.1177-1183. 2004.

GONÇALVES, L.M.P.; KIEFER, C.; SOUZA, K.M.R. et al. Níveis de energia líquida para suínos machos castrados em terminação. **Ciência Rural**, v. 45, p. 464-469, 2015.

MOEHM, S.; LEVESQUE, C.L.; BALLA, R.O. Protein intake but not feed intake affects dietary energy for finishing pigs. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 97, p. 197–204, 2013.

MROZ, Z., MOESER, A. J., VREMAN, K., VAN DIEPEN, J. T. M., VAN KEMPEN, T., CANH, T. T., JONGBLOED, A. W. (2000) Effects of dietary carbohydrates and buffering capacity on nutrient digestibility and manure characteristics in finishing pigs. **J. Anim. Sci.** 2000. 78: 3096-3106.



NOBLET, J. & VAN MILGEN, J. (2004). Valor energetic on pigs aliment : efeito do peso corporal dos suínos e sistema de avaliação da energia. **Journal of animal Science** 82 (E. Supl.), E229-E238.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L.; GOMES, P.C.; OLIVEIRA, R.F.; LOPES, D.C.; FERREIRA, A.S.; BARRETO, S.L.T. **Tabelas Brasileiras para aves e suínos**. 2ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2005. 186p.

SILVA, DJ, QUEIROZ, AC (2002). *Análises de alimentos (métodos químicos e biológicos)*. 235p.

TEIXEIRA, E. W. Utilização de alimentos fibrosos pelos suínos. **Zootecnia**, v. 33, n. 1, p. 19-27, jan./mar. 1995.

VAN SOEST, P.J. *Nutritional ecology of the ruminant*. 2nd ed. Ithaca New York: Cornell University Press, 1994. 476p.

UNIVERSIDADE FEDERAL de VIÇOSA (UFV). *S.A.E.G. (Sistemas de Análises Estatísticas e Genéticas)*. Viçosa, 1997. (Versão 8.0).



**Morfometria intestinal, ganho de peso e consumo de suínos em crescimento
alimentados com diferentes níveis de casca de soja na dieta**



Resumo

O experimento foi conduzido objetivando-se avaliar a morfometria intestinal de suínos em crescimento alimentados com ração a base de milho e soja com quatro níveis de substituição do alimento alternativo (casca de soja) em substituição ao milho e a soja da dieta referência. Os tratamentos foram: 1) ração referência; 2) ração referência, com substituição de 7,5% do milho e soja pela casca de soja; 3) ração referência, com substituição de 15,0% do milho e soja pela casca de soja; 4) ração referência, com substituição de 22,5% do milho e soja pela casca de soja e 5) ração referência, com substituição de 30,0% do milho e soja pela casca de soja; Foram utilizados no experimento 20 suínos machos castrados com peso inicial médio de 29 ± 1 kg, idade média 65 dias e peso final médio de $56 \text{ kg} \pm 3$ com idade de 114 dias. Duração do experimento foi de um mês e 18 dias. Os animais foram alojado em gaiolas metabólicas com alimentação restrita, de acordo com a sua necessidade pelo peso metabólico individual, e água fornecida à vontade. O delineamento experimental utilizado foi delineamento inteiramente ao acaso com 5 tratamentos e 4 animais por tratamento. As secções do intestino delgado foram submetidas às técnicas de desparafinização e hidratação. As secções destinadas à morfometria foram coradas com a técnica da hematoxilina-eosina – HE. Os tratamentos testados não influenciaram a morfometria do intestino delgado desses animais.

Palavras Chaves: suínos, casca de soja, nutrição animal



Abstract

An experiment was conducted with the objective of evaluating an intestinal morphometry of growing pigs fed corn and soybean meal with four levels of substitution of the alternative food (soybean hull) in place of corn and soybean from the reference diet. The treatments were: 1) reference diet; 2) reference feed, with replacement of 7.5% of corn and soybean by soybean hull; 3) reference ration, with replacement of 15.0% of corn and soybean by soybean hulls; 4) reference feed, with replacement of 22.5% of corn and soybean by soybean hulls; Twenty experiments were performed with mean weight of 29 kg + -1, mean age 65 days and mean weight of 56 kg + - 3 with age of 114 days. Duration of the experiment of one month and 18 days. The animals were housed in metabolic cages with restricted feeding, according to their obligation by the individual metabolic weight, and water at will. The experimental design was used for a completely randomized design with 5 treatments and 4 animals per treatment. As sections of the small intestine were submitted to dewaxing and hydration techniques. Sections destined to morphometry were stained with a hematoxylin-eosin-HE technique. The treatments tested do not influence the morphometry of the small intestine of the animals.

Key words: pigs, soybean hulls, animal nutrition



Introdução

Na busca pela maior eficiência dos sistemas de produção de suínos, o desmame tem sido realizado cada vez mais cedo e de forma abrupta, provocando grande estresse em decorrência da mudança de ambiente e separação entre leitões e porcas. Além disso, induz os leitões a uma mudança de alimentação brusca com a substituição do leite da mãe altamente palatável por alimentação sólida de menor palatabilidade e digestibilidade. Tudo isso pela busca de um menor custo ao final da produção, melhor aproveitamento alimentos pelos animais e animais mais pesados ao final do ciclo de produção.

Assim, a eficiência no ganho de peso dos leitões está relacionada ao comprimento do intestino, visto que, quanto mais comprido maior será sua área de absorção. Em relação ao tamanho das vilosidades, quanto maior o tamanho maior é a capacidade de absorção dos nutrientes, pois as enzimas digestivas do intestino são produzidas nas bordas das vilosidades (ROPPA, 1998). O encurtamento das vilosidades então predispõe à má digestão e má absorção, assim, logo após o desmame, a altura das vilosidades do intestino delgado diminui, resultando em menor área de absorção, que pode ser recuperada de acordo com o manejo e dieta pós desmame (HAMPSON, 1986).

A relação altura de vilosidade e profundidade de cripta é um parâmetro muito importante na detecção da qualidade da mucosa intestinal, uma vez que maiores valores para essa relação indicam uma menor injúria da mucosa intestinal (TSE et al., 2010).

Assim, o uso de alimentos alternativos para a produção de suínos tem sido uma preocupação constante na nutrição animal, sobretudo, para as fases de crescimento e terminação, mas de forma que não afete a saúde intestinal dos animais



e ainda os índices zootécnicos e que seja de baixo custo, em relação ao milho e a soja que é a base da alimentação desses animais (NERY et al., 2010).

O uso da casca de soja vem crescendo na nutrição animal, pois a mesma é um subproduto da extração do óleo apresentando um elevado nível de fibra, um nível médio de proteína bruta e baixa energia, o que favorece a sua utilização para ruminantes, e em rações que não necessitam de um alto teor de energia, com um custo relativamente baixo sendo em média R\$ 550,00 a tonelada na cidade de Patos de Minas de acordo com site: MFRURAL em 28/11/2016. Os suínos são considerados animais monogástricos e a utilização da casca de soja para estes animais ainda é restrita devido ao alto teor de fibra, mas, estudos têm sido realizados para avaliar a melhor percentagem de inclusão para contribuição nutricional nesta categoria animal (Silva 2004).

A casca de soja na dieta de suínos tem se mostrado eficiente no aumento dos níveis de consumo quando utilizada em percentagens de 12 a 24% na dieta total, com pouco ou com nenhum efeito sobre o ganho de peso diário Bowers et al. (2000).

Assim, esse trabalho teve por objetivo avaliar a morfometria intestinal de suínos em crescimento alimentados com dieta a base de milho e soja e com substituição na dieta referência por casca de soja em diferentes níveis.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Laboratório de Calorimetria de Metabolismo Animal e as análises no laboratório de nutrição animal do Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais. O experimento teve duração de um mês e 18 dias. Foram utilizados 20 suínos machos,



castrados, híbridos comerciais da empresa vaccinar, com peso médio de 29 ± 1 kg, idade média 65 dias e peso final médio de $56 \text{ kg} \pm 3$ com idade de 114 dias.

Os animais foram alojados em gaiolas metabólicas no galpão de metabolismo animal da escola de veterinária da UFMG, as gaiolas metabólicas medindo $1,64 \times 0,70 \times 1,52\text{m}$, com laterais móveis e ajustáveis conforme o tamanho de cada animal. As gaiolas apresentavam piso vazado com $1,2\text{cm}$ entre as grades sendo elevadas em $0,64\text{m}$ do chão, abaixo do piso da gaiola foram colocados uma tela de $1,30 \times 0,62\text{m}$ com malha de $1,5\text{mm}$ para coletar as sobras de ração e separar a fração sólida da líquida, uma bandeja coletora de fezes e um coletor em forma de funil para coleta de urina. O espaço animal foi ajustado pela regulagem das laterais metálicas da gaiola, pela altura do animal e pelo comprimento. As gaiolas possuíam comedouro e bebedouro individuais onde se disponibilizava ração de forma restrita e água à vontade. A unidade experimental foi 4 animais por tratamento. O delineamento experimental utilizado foi delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos, quatro repetições por tratamento. Os tratamentos foram compostos por 5 rações: 1) ração referência; 2) ração referência, com substituição de $7,5\%$ do milho e soja pela casca de soja; 3) ração referência, com substituição de $15,0\%$ do milho e soja pela casca de soja; 4) ração referência, com substituição de $22,5\%$ do milho e soja pela casca de soja e 5) ração referência, com substituição de $30,0\%$ do milho e soja pela casca de soja; com os nutrientes corrigidos, de forma a atender a exigência dos animais de acordo com Rostagno et al. (2005). As rações foram fornecidas de forma restrita duas vezes ao dia, por todo o período experimental, calculada de acordo com o peso metabólico dos animais através das equações abaixo.

CRR= Consumo restrito de ração

CRR= I x Peso metabólico

I = Consumo de ração médio dos sete dias (kg)/ Peso metabólico



Peso metabólico (kg)= (Peso Vivo)^{0,75}

A composição percentual e os valores calculados das rações experimentais encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1. Composição das dietas experimentais (%)

Composição das Dietas Experimentais (%)					
Alimento	T1	T2	T3	T4	T5
Farelo de milho	62,6600	57,1225	51,5850	46,0474	40,5099
Farelo de soja 45%	32,2443	30,3551	28,4658	26,5766	24,6873
Casca de soja	0,0000	7,5000	15,0000	22,5000	30,0000
Óleo de soja	1,5000	1,5000	1,5000	1,5000	1,5000
Fosfato bi cálcio	1,5755	1,5713	1,5672	1,5630	1,5588
Calcário	1,1083	1,0279	0,9476	0,8673	0,7870
Sal	0,4056	0,4093	0,4131	0,4168	0,4206
Vit – sui	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000
DL- Methionina	0,0063	0,0139	0,0214	0,0289	0,0364
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Valor Nutricional Calculada					
ED kcal/kg	3401,7680	3315,4705	3229,1730	3142,8756	3056,5781
EM kcal/kg	3234,6739	3156,0675	3077,4612	2998,8548	2920,2484
EL kcal/kg	2419,7419	2323,8961	2228,0504	2132,2046	2036,3588
PB%	19,8982	19,6197	19,3412	19,0627	18,7842
FB%	2,7930	5,0495	7,3061	9,5627	11,8192
Valor Nutricional Analisado					
ED kcal/kg	3363,98	3251,59	3128,24	3086,08	2963,83
EM kcal/kg	3195,782	3089,014	2971,836	2931,775	2815,641
EL kcal/kg	2347,887	2269,289	2059,674	2018,270	1406,507
PB%*	20,55	19,98	20,90	19,41	19,90
FDN%*	15,18	22,46	29,04	30,49	33,01
FDA%*	5,79	9,53	12,92	15,00	18,09
CA%	1,1404	1,2939	1,1960	1,1973	0,9697
P%	2,1233	3,3101	3,2775	3,3807	3,7934

*Matéria Seca



As variáveis de desempenho e digestibilidade analisadas foram ganho de peso final, consumo de ração médio. O ganho de peso final, ao final do experimento, foi mensurado através da pesagem individual de cada animal. O consumo de ração médio foi determinado pela diferença entre a quantidade de ração fornecida, e a sobra e desperdícios diários. A conversão alimentar foi calculada através da relação entre o consumo de ração e o ganho de peso dos animais.

Ao término do período experimental, os animais foram submetidos a um jejum alimentar de 24 horas e abatidos por dessensibilização e sangramento. Após o abate, procedeu-se à sangria nos grandes vasos do pescoço, evisceração, retirada dos órgãos e limpeza da carcaça. Foram coletados fragmentos de 12cm do intestino delgado jejunó, que foram fixados isoladamente em formol 10% tamponado (PBS, pH 7,4). Os Fragmentos foram processados para inclusão em parafina. Após a inclusão, o material foi seccionado, obtendo-se secções de 4 µm de espessura, para a montagem das lâminas. As secções foram submetidas às técnicas de desparafinização e hidratação. As secções destinadas à morfometria foram coradas com a técnica da hematoxilina-eosina – HE.

Imagens das secções histológicas foram capturadas diretamente do fotomicroscópio, com um aumento final de 100 vezes. Os índices morfométricos foram determinados utilizando-se o programa de análise de imagens Leica Application Suite (LAS). As variáveis morfométricas analisadas incluíram a altura das vilosidades e profundidade das criptas. Foram selecionadas 10 vilosidades por seção histológica em 3 secções diferentes, com distância mínima de 100 µm entre elas, num total de 30 vilosidades por animal.



O delineamento estatístico utilizado foi inteiramente casualizado com quatro repetições por tratamento (níveis de inclusão de casca de soja 7,5%; 15%; 22,5%; e 30%).

Os resultados relativos ao desempenho, morfometria intestinal foram submetidos à análise de variância, para a qual utilizou-se o pacote computacional SISVAR.

O delineamento estatístico utilizado foi inteiramente casualizado com quatro repetições por tratamento (níveis de inclusão 7,5;15;22,5;30).

As variáveis também foram submetidas aos testes de Kolmogorov-Smirnov (1951) e Bartlett (1937), para verificação de normalidade e homocedasticidade, respectivamente.

Foi realizada análise de variância e como os tratamentos foram quantitativos estes foram analisados através do desdobramento dos tratamentos em regressão linear, quadrática. O software estatístico utilizado para essas análises foi o Sisvar 5.3 build 77 (Ferreira, 2011).

Resultados e Discussão

Os resultados obtidos para altura de vilosidade profundidade de cripta e relação altura de vilosidade profundidade de cripta de amostras do jejuno de suínos em crescimento alimentados com dietas contendo diferentes níveis de fibra estão descritos na tabela 2.

Tabela 2. Altura de Vilosidade (AV) μm de altura, Profundidade de Cripta (PC) μm de altura e relação da Vilosidade:Cripta (V:C) de amostras de jejuno de suínos alimentados com dietas contendo diferentes níveis de fibra.

Variáveis	TRATAMENTOS					Equação		CV (%)
	0%	7,5%	15%	22,5%	30%	L	Q	
	CS	CS	CS	CS	CS			
AV μm de altura	397,7	316,27	316,42	350,4	334,7	N.S	N.S	12,3
PC μm de altura	109,2	107,6	109,8	107,5	101,2	N.S	N.S	8,2
AV:PC	3,7	2,9	2,9	3,2	3,3	N.S	*	13,7

* $Y = 3,6 - 0,08 X + 0,002 X^2$ $R^2 = 75,8\%$

Pela análise de variância não houve interação significativa entre os níveis de fibra e as variáveis avaliadas. Não houve interação também quando foi feita a análise de regressão linear para nenhuma das variáveis. Na análise de regressão quadrática foi significativa, havendo interação apenas na relação de (AV:PC), com um $R^2=75,8\%$ e om CV: 13,7%. O R^2 mede o quanto o modelo estimado é capaz de explicar o conjunto de dados. Quando mais próxima a linha do gráfico passar pelos pontos, maior o R^2 , assim como demonstrados no gráfico 3 AV:PC.

Assim de acordo com os dados apresentados na tabela 2 pode-se constatar que a quantidade de fibra incluída nas dietas não influenciou estatisticamente nas (AV) e (PC), permitindo assim inferir de forma indireta que a absorção de nutrientes pelos animais e desempenho final dos animais não foi prejudicada pela inclusão da fibra casca de soja na dieta em diferentes níveis.

Oque corrobora com CUNHA (1977), onde comenta que alimentos fibrosos podem ser utilizados no arraçoamento de suínos em crescimento, desde que sejam observados as quantidades e o período de uso. Acostumar os animais a ingerirem



alimentos fibrosos desde cedo, faz com que estes se adaptem com maior facilidade à ingestão de fibras quando adultos.

De acordo com E. Swiech et al. (2016), em estudo objetivando determinar se os aminoácidos não essenciais (AANE) na forma de glúten de trigo (GT) têm um efeito poupador de treonina (Thr) sobre a estrutura intestinal em suínos jovens. Realizou-se um experimento. Os animais foram alimentados de 12,5 kg de peso corporal inicial (BW) por cerca de 20 dias de dietas com diferentes níveis de Treonina e de Glúten de trigo, (GT20, GT40 e GT60). Após o abate a cerca de 22,4 kg de peso vivo, foram colhidas amostras de duodeno, jejuno médio, íleo e cólon proximal para análise histológica. A morfologia de todos os segmentos não foi afetada nem pelo nível de Thr nem pelos níveis de Thr e GT, enquanto que o efeito do nível de GT diferiu entre os segmentos. No duodeno, o comprimento das vilosidades e a espessura da mucosa da túnica foram diminuídos pelo GT60. No duodeno e no cólon proximal, a profundidade da cripta foi maior nos grupos GT20 do que nos grupos WG60 e / ou WG40, enquanto no íleo foi maior no grupo GT60 do que no WG20 e no jejuno médio não foi afetada. A relação comprimento: cripta de profundidade foi afetada pelo GT apenas no íleo, sendo maior no grupo GT20. Mesentério foi mais espesso no íleo e cólon proximal em GT60 do que GT20 e GT40 grupo, respectivamente. Os resultados não evidenciam um efeito poupador de AANE fornecido por GT sobre a utilização de Thr para manter a estrutura intestinal adequada em porcos jovens.

Castelo (2014) Realizou um experimento com o objetivo de avaliar o nível de inclusão de plasma sanguíneo em pó na dieta de leitões desmamados aos 21 dias de idade e desafiados oralmente por *Escherichia coli* K88 sob o desempenho, histomorfometria intestinal e excreção de *Escherichia coli* nas fezes. Aos 35 dias foi observado efeito linear para o peso e ganho de peso diário com o aumento da



inclusão de plasma na dieta, a conversão alimentar apresentou efeito quadrático com ponto de inflexão no nível de 4,29% de plasma sanguíneo em pó. Aos 49 dias de idade os planos nutricionais 9,0;4,5% e 6,0;3,0% de plasma sanguíneo em pó na dieta apresentaram maiores pesos e ganho de peso diário e menor conversão alimentar em relação aos planos 3,0;1,5% e 0;0;0,0%. Para o consumo de ração diário, o plano nutricional 9,0;4,5% apresentou maiores valores em relação aos planos 3,0;1,5 e 0,0;0,0%. No período total, 59 dias de idade, os planos nutricionais 9,0;4,5% e 6,0;3,0% apresentaram maior peso e ganho de peso diário em relação ao plano nutricional 3,0;1,5%. Para o consumo de ração diário aos 59 dias de idade, o plano nutricional 9,0;4,5% apresentou maiores valores em relação aos planos 3,0;1,5% e 0,0;0,0%. A altura de vilosidade, profundidade de cripta e relação altura de vilosidade/ profundidade de cripta não diferiu entre os tratamentos. A contagem de UFC de *E. coli*/g de fezes apresentou redução de forma linear com o aumento da inclusão de plasma sanguíneo em pó na dieta. O plasma sanguíneo em pó mostrou-se efetivo sob o desempenho e redução na excreção de *E. coli* nas fezes no período de creche.

Arouca et al. (2012), em experimento avaliou o desempenho, morfometria de órgãos e histologia intestinal de suínos, em fase de terminação tardia, alimentados com cana-de-açúcar em substituição ao milho. Os tratamentos não influenciaram a morfometria dos órgãos. Ainda observou uma maior altura de vilosidades no duodeno, jejuno e íleo e maior profundidade de cripta no duodeno e jejuno dos animais, alimentados com rações composta de cana-de-açúcar. E que em suínos na fase de terminação tardia, recomenda-se a utilização de 30% de cana-de-açúcar integral em substituição ao milho, com correção dos nutrientes, pois promove melhor eficiência econômica.

Arruda et al. (2008), Com o objetivo de avaliar a influência da fonte e do nível da fibra dietéticos sobre a morfo-histologia do intestino delgado, nas porções medianas do duodeno, jejuno e íleo, foram utilizados 40 coelhos da raça Nova Zelândia Branco em fase de crescimento. E observou-se interação significativa entre os tratamentos dietéticos para os parâmetros morfo-histológicos intestinais, verificando que as dietas com alto e baixo nível de fibra com a casca de soja 15 e 25% propiciaram maiores valores de altura de vilosidade, e as dietas com alto e baixo nível de fibra com o feno de alfafa 20 e 35% propiciaram maiores valores de profundidade de cripta, enquanto, o número de células caliciformes foi maior para dieta de alta fibra com casca de soja. Portanto, a qualidade dos componentes da fibra dos alimentos influenciou significativamente a descamação e renovação celular da mucosa intestinal, evidenciado pela maior relação altura de vilosidade: profundidade de cripta proporcionada pelas dietas com casca de soja em relação àquelas com feno de alfafa.

Gráfico 1. Altura de vilosidade para diferentes níveis de inclusão da casca de soja na dieta de suínos

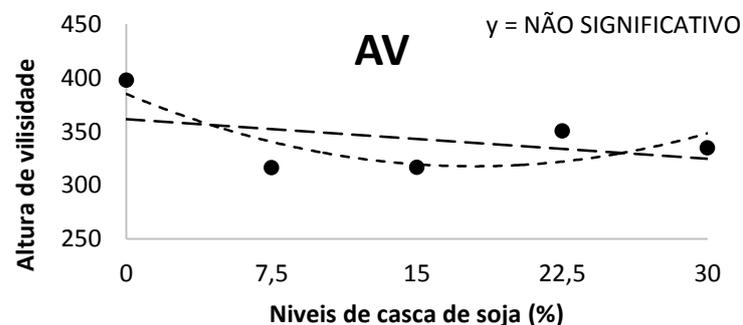


Gráfico 2. Profundidade de cripta para diferentes níveis de inclusão da casca de soja na dieta de suínos

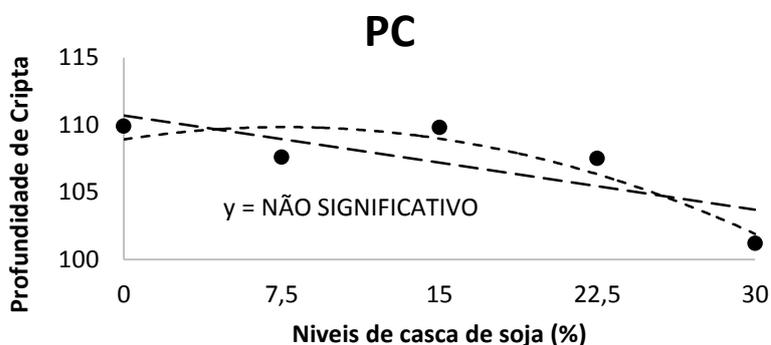
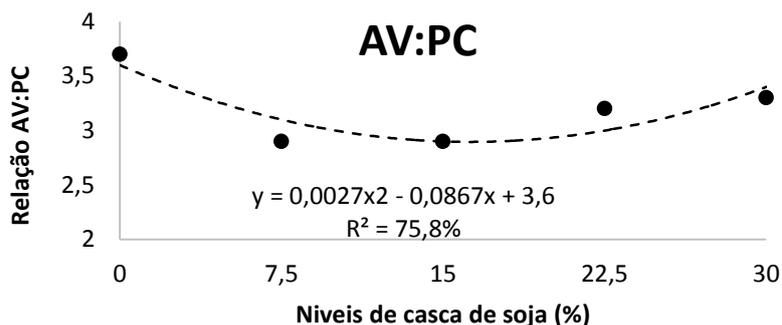


Gráfico 3. Relação altura de vilosidade: profundidade de cripta para diferentes níveis de inclusão da casca de soja na dieta de suínos



Os resultados obtidos no presente experimento para média de ganho de peso final e média de consumo de suínos em crescimento alimentados com dietas contendo diferentes níveis de fibra estão descrito na tabela 3.

Tabela 3. Ganho de peso final kg e Consumo de ração de suínos alimentados com dietas contendo diferentes níveis de fibra gr.

Níveis de fibra	0	7,5	15	22,5	30	CV	L	Q
*Média GPF	25,15	23,8	25,6	24,4	24,6	9,62	NS	NS
#Consumo	1058,9	1099,8	1141,8	1038,2	951,4	8,79	NS	NS

*Kg / # Gramas



Na análise de variância não houve interação significativa entre os níveis de fibra e as variáveis avaliadas. Não houve interação também quando foi feita a análise de regressão linear e quadrática para nenhuma das variáveis.

Assim de acordo com os dados apresentados na tabela 3 pode-se constatar que a quantidade de fibra incluída nas dietas não influenciou estatisticamente nas na média de ganho de peso e média de consumo, permitindo assim inferir que a absorção de nutrientes pelos animais e desempenho final dos animais não foi alterada pela inclusão de fibra na dieta.

Moreira et al. (2009) com o objetivo de avaliar o efeito da adição de complexo enzimático (CE) que continha (α -galactosidase, β -glucanase, galactomananase e xilanase). sobre o valor nutritivo da casca de soja utilizada na alimentação de suínos na fase inicial. Em um primeiro experimento (1), determinou-se a digestibilidade da casca de soja com complexo enzimático (0, 200 e 300 mg/kg) em leitões com peso inicial de $22,49 \pm 1,73$ kg. Nenhum dos níveis de complexo enzimático afetou a digestibilidade da casca de soja. Assim, realizou-se outro ensaio de digestibilidade (experimento 2) com dois níveis (0 e 600 mg/kg) de complexo enzimático e, novamente, a adição de complexo enzimático (600 mg de CE/kg de ração) não melhorou a digestibilidade da casca de soja. No experimento para análise do desempenho (experimento 3), foram utilizados 60 leitões, machos castrados e fêmeas com peso inicial de $15,07 \pm 1,69$ kg, distribuídos em delineamento em blocos casualizado, com cinco tratamentos, seis repetições e dois animais por unidade experimental. Avaliaram-se uma ração à base de milho e farelo de soja e outras quatro rações isonutritivas com 15% de casca de soja e complexo enzimático nos níveis 0, 200, 400 ou 600 mg/kg. O consumo diário de ração e o ganho de peso diário foram menores entre os animais alimentados com a ração contendo casca de soja em



comparação àqueles alimentados com a ração-referência. Entretanto, a conversão alimentar melhorou de forma linear com inclusão do complexo enzimático (200, 400 e 600 mg/kg). O uso do complexo enzimático não afeta a digestibilidade da casca de soja, mas melhora a conversão alimentar de leitões (15-30 kg) alimentados com dietas contendo 15% de casca de soja.

Para leitões dos 15 aos 30 kg de peso, a adição de 15% deste co-produto é possível, desde que um complexo enzimático seja adicionado às dietas (Moreira et al., 2009).

Wang et al. (2009), trabalhando com suínos em crescimento, não encontraram efeitos da adição de casca de soja às dietas, sobre o desempenho, mas verificaram diminuição no pH e na concentração de amônia nos dejetos.

O aumento da inclusão casca de soja nas dietas de suínos em crescimento terminação promoveu redução linear na espessura de toucinho, enquanto as medidas de área de olho de lombo e profundidade de lombo, bem como, o índice de eficiência econômica não foram influenciadas (Quadros et al., 2008).

Gentilini et al. (2008), objetivando determinar o valor nutricional da casca de soja adicionada à dieta de suínos em crescimento e ou terminação, foram realizados dois experimentos com quatro tratamentos (inclusão de 0,0%, 6,0%, 12,0% e 18,0% de casca de soja em substituição ao milho e farelo de soja). Verificou-se um aumento significativo no ganho de peso diário dos suínos na fase de crescimento e nas fases de crescimento e terminação juntas, quando se incluiu 6,0% de casca de soja na dieta em relação à dieta testemunha no Experimento 1 e não houve diferença significativa entre a dieta testemunha e o de inclusão de 6,0% de casca de soja em relação ao ganho de peso na fase de terminação no experimento 2. Conclui-se que o



nível de inclusão de casca de soja nas dietas para suínos em crescimento e terminação é de 6,0%.

Gentiline et al (2008) Concluiu ainda que os animais no período de crescimento podem receber dietas contendo casca de soja em níveis de até 12% sem causar prejuízo ao seu ganho de peso, enquanto que na fase de terminação os mesmos poderão receber até 6% de casca de soja na dieta.

A inclusão de fibra dietética na ração de suínos consiste numa estratégia alimentar, uma vez que este componente não provoca alterações deletérias no desempenho e nem prejudica as características de carcaça, adequando o ganho de peso com o rendimento em carne magra (Gomes et al., 2007).

Em 2003, ao incluírem 10% de casca de soja em dietas para suínos em crescimento e terminação, Shriver et al. (2003), não verificaram efeitos sobre o desempenho e as características de carcaça. Da mesma forma, suínos em crescimento e terminação, alimentados com dietas isoenergéticas com inclusão de 0, 4, 8, 12 e 16% de casca de soja, não apresentaram diferenças no consumo diário de ração, no ganho diário de peso e na conversão alimentar.

Conclusão

Pode-se concluir que não houve efeito significativo dos níveis de fibra e as variáveis morfométricas avaliadas, ganho de peso e consumo dos animais.

Referências Bibliográficas

AROUCA , C.L.C. ET AL. Desempenho, morfometria de órgãos e histologia intestinal de suínos na fase de terminação tardia alimentados com cana-de-açúcar. **Revista Brasileira Saúde e Produção Animal**, v.13, p.1074-1083, 2012.



ARRUDA, A.M.V.; FERNANDES, R.T.V.; SILVA, J.M.; LOPES, D.C. Avaliação morfo-histológica da mucosa intestinal de coelhos alimentados com diferentes níveis e fontes de fibra. **Revista Caatinga**, v.21, n.2, p.1-11, 2008.

BARTLETT, M. S. Properties of Sufficiency and Statistical Tests. , **Mathematical and Physical Sciences**, Vol. 160, No. 901 (May 18, 1937), pp. 268-282.

BOWERS, K.A. et al. Evaluating inclusion levels of soybean hulls in finishing pig diets. **Swine Day-Purdue University**. August, p.39-42, 2000.

CASTELO P. G. Plasma Sanguíneo na Dieta de Leitões Recém Desmamados Desafiados Por Escherichia Coli (K88), 2014. **Dissertação de Mestrado**. Departamento de Zootecnia- UFMG.

CUNHA, T.J. **Swine feeding and nutrition**. Academic Press. 1977. p. 164-169.

E. Świech, M. Barszcz, A. Tusnio and M. Taciack Gut morphology of young pigs fed diets differing in standardized ileal digestible threonine and wheat gluten used as a source of non-essential amino acids. **Journal of Animal and Feed Sciences**, 25, 2016, 226–234.

FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v.35, p.1039-1042, 2011.

GENTILINI, F.P.; LIMA, G.J.M.; GUIDONI, A.L.; RUTZ, F. Casca de soja em dietas para suínos em crescimento e Terminação. **Revista Brasileira de Agrocência**, Pelotas v.14, n.2, p.375-382, 2008.

GOMES, J.D.F.; PUTRINO, S.M.; GROSSKLAUS, C.; UYIYAMA, 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: suíno em crescimento e terminação. **Seminário: Ciências Agrárias**, v.28, n.3, p.483- 492. 2007.

HAMPSON, D.J. Alterations in piglets small intestine structure at weaning. **Research in Veterinary Science**, v.40, n.1, p.32-40, 1986.



MASSEY, FRANK J. “The Kolmogorov-Smirnov Test for Goodness of Fit.” **Journal of the American Statistical Association**, vol. 46, no. 253, 1951, pp. 68–78., www.jstor.org/stable/2280095.

MOREIRA, I.; MOURINHO, F. L.; CARVALHO, P. L. O.; PAIANO, D.; PIANO, L. M.; KURODA JUNIOR, I. S. Avaliação nutricional da casca de soja com ou sem complexo enzimático na alimentação de leitões na fase inicial. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 12, p. 2408-2416, 2009.

NERY, V.L.H.; SOARES, R.T.R.N.; CHIQUIERI, J. Desempenho e características de carcaça de suínos em terminação alimentados com rações contendo subprodutos de arroz. **Zootecnia Tropical**, v.28, n.1, p.43-49, 2010.

QUADROS, A. R. B.; MOREIRA, I.; FURLAN, A. C.; RIBEIRO, C. R.; PERDIGÃO, L.; KUTSCHENKO, M. Inclusão de diferentes níveis de casca de soja moída em dietas isoenergéticas para suínos em crescimento e terminação. **Revista Ciência Rural**, v. 38, n. 2, p. 463-469, 2008.

ROPPA, L. Nutrição dos leitões na fase pós-desmame. Anais... **1º Congresso Nordestino de Produção Animal**, Fortaleza, Ceará, Brasil. p.265-271, 1998.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; Donzele, J.L.; GOMES, P.C.; OLIVEIRA, R.F.; LOPES, D.C.; FERREIRA, A.S.; BARRETO, S.L.T. **Tabelas Brasileiras para aves e suínos**. 2ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2005. 186p.

SHRIVER, J.A. et al. Effects of adding fiber sources to reduced crude protein, amino acid-supplemented diets on nitrogen excretion, growth performance, and carcass traits of finishing pigs. **Journal Animal Science**, v.81, p.492-502, 2003.

SILVA, B.A.N. A casca de soja e sua utilização na alimentação animal. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.1, Art. n.8. 2004. Acessado em 20/09/2016. On line. Disponível na internet.

TSE, M.L.P.; COSTA, L.B.; BRAZ, D.B. et al. Leitões recém-desmamados alimentados com dietas contendo proteína láctea e zinco suplementar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.9, p.2006- 2016, 2010.

WANG, Y.; CHEN, Y.; CHO, J.; YOO, J. S.; HUANGY, Y.; KIM, H. J.; SHIN, S. O.; ZHOU, T. X.; KIM, I. H. Effect of soybean hull supplementation to finishing pigs on the emission of noxious gases from slurry. **Animal Science Journal**, v. 80, p. 316-321, 2009.

<http://www.mfrural.com.br/detalhe/farelo-de-soja-160898.aspx> acesso em:
28/11/2016

Anexos

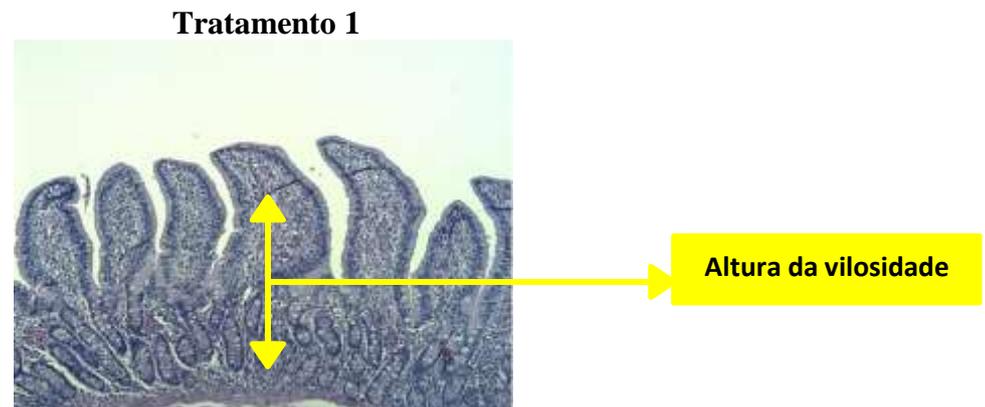


Figura 1: Foto da porção do intestino delgado (jejuno) alimentado com ração a base de milho e soja



Figura 2: Foto da porção do intestino delgado (jejuno) alimentado com ração a base de milho e soja com substituição em 7,5% do milho e soja por casca de soja

Tratamento 3

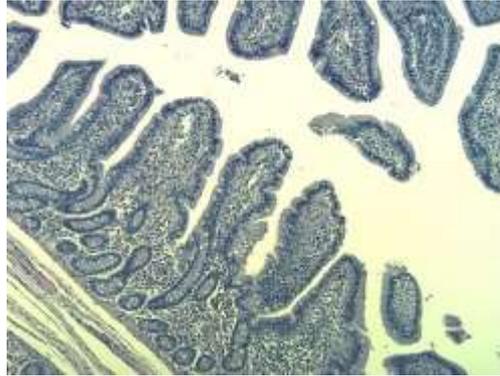


Figura 3: Foto da porção do intestino delgado (jejuno) alimentado com ração a base de milho e soja com substituição em 15,0% do milho e soja por casca de soja

Tratamento 4

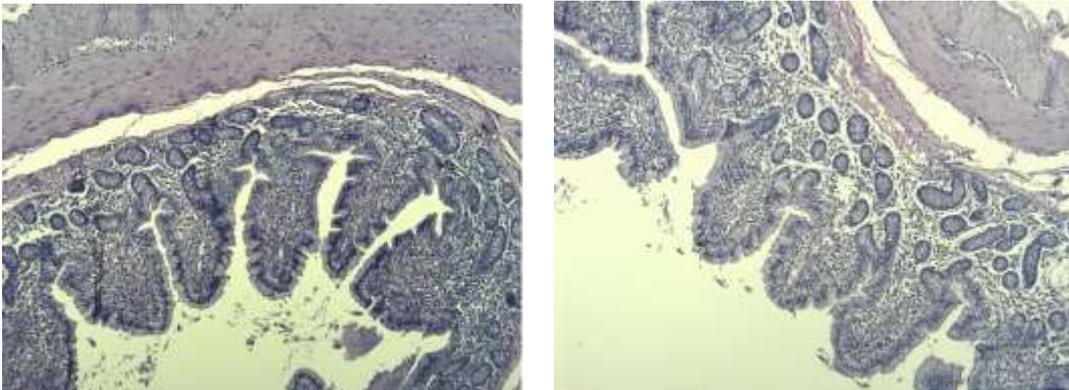


Figura 4: Foto da porção do intestino delgado (jejuno) alimentado com ração a base de milho e soja com substituição em 22,5% do milho e soja por casca de soja

Tratamento 5

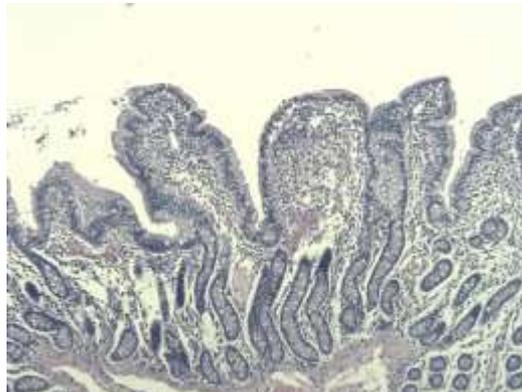


Figura 5: Foto da porção do intestino delgado (jejuno) alimentado com ração a base de milho e soja com substituição em 30,0% do milho e soja por casca de soja

Foto do microscópio utilizado e da câmera utilizada na avaliação das variáveis



Fonte : Arquivo pessoal



Considerações Finais

A determinação da digestibilidade, consumo e produção fecal das dietas pela técnica de indicadores, foi estatisticamente eficiente para os indicadores LIPE[®] e NANOLIPE[®] análise realizada por espectrofotometria no infravermelho, exceto para o indicador Dióxido de Titânio análise realizada por espectrofotometria colorimétrica.

A inclusão da fibra casquinha de soja não interferiu na taxa média de retenção (TMR), taxa de passagem (TxP) e tempo de transito (TT) de suínos em crescimento.

Não houve interação significativa entre os níveis de fibra e as variáveis morfométricas avaliadas, ganho de peso e consumo.

O método de digestibilidade *in vitro* com o inoculo o líquido ruminal foi estatisticamente eficiente para determinar a digestibilidade de dietas contento níveis de substituição da fibra pela dieta referência comparado com a digestibilidade *in vivo*, até 7,5% de substituição de fibra.

A digestibilidade *in vivo* para suínos em crescimento foi reduzindo linearmente a medida que se aumentou o nível de substituição da fibra na dieta referência.

Na análise de variância não houve interação significativa entre o as técnicas de determinação da produção fecal através do indicador dióxido de titânio ($P < 0,05$). Os dados foram comparados através das médias da produção fecal real comparada com a média de produção fecal determinada pelo método de indicador analisado pelas diferentes técnicas..

Como esperado, à medida que se aumentou o nível de fibra na dieta aumenta a produção de calor aumentando assim o incremento calórico.

A energia líquida é inversamente proporcional ao incremento calórico assim a mesma reduziu à medida que se aumentou o nível de fibra da dieta.



A energia bruta, digestível e metabólica também foi reduzida com o aumento de fibra na dieta.