

CINTHIA MARIA CARLOS PEREIRA

**AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DE FONTES DE PROTEÍNA COM DUAS  
RELAÇÕES TRIPTOFANO: LISINA PARA SUÍNOS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2014

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e  
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

P436a  
2014  
Pereira, Cinthia Maria Carlos, 1987-  
Avaliação nutricional de fontes de proteína com duas  
relações triptofano : lisina para suínos / Cinthia Maria Carlos  
Pereira. – Viçosa, MG, 2014.  
xii, 99 f. : il. ; 29 cm.

Inclui apêndice.

Orientador: Melissa Izabel Hannas.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Suíno - Alimentação e ração. 2. Aminoácidos.  
3. Proteínas. 4. Digestibilidade. 5. Agroindústria. I. Universidade  
Federal de Viçosa. Departamento de Zootecnia. Programa de  
Pós-Graduação em Zootecnia. II. Título.

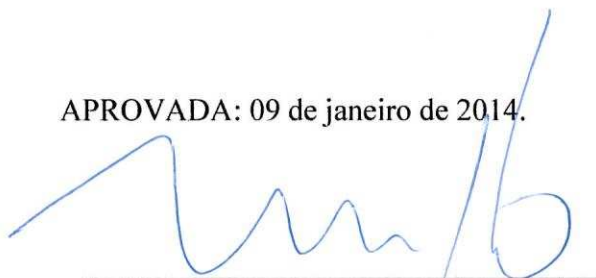
CDD 22 ed. 636.40855

CINTHIA MARIA CARLOS PEREIRA

**AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DE FONTES DE PROTEÍNA COM DUAS  
RELAÇÕES TRIPTOFANO: LISINA PARA SUÍNOS**

Tese apresentada à Universidade Federal  
de Viçosa, como parte das exigências do  
Programa de Pós-Graduação em  
Zootecnia, para obtenção do título de  
*Doctor Scientiae*.

APROVADA: 09 de janeiro de 2014.



Ramalho José Barbosa Rodrigueiro



Júlio Maria Ribeiro Pupa



Horácio Santiago Rostagno  
(Coorientador)



Paulo César Brustolini  
(Coorientador)



Melissa Izabel Hannas  
(Orientadora)

À Deus, por sempre guiar meus passos.

Aos meus pais, Emília e Glaudivon, pelo apoio, dedicação e companheirismo.

Aos meus irmãos, Verônica e Rafael, pelo apoio, carinho e torcida.

Aos meus sobrinhos, Pedro e André, pela felicidade que eles me proporcionam.

**DEDICO**

"Agradeço a Deus todas as dificuldades que encontrei, se não fosse por elas, eu não teria saído do lugar.....As facilidades nos impedem de caminhar"

Chico Xavier

## AGRADECIMENTOS

À Deus por sua presença tão forte em minha vida, mostrando o melhor caminho a seguir.

À Universidade Federal de Viçosa, Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa e ao Departamento de Zootecnia por disponibilizarem meios para realização do curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudo.

A Evonik Industries pela oportunidade de conduzir o experimento e pelas análises de aminoácidos realizadas.

Aos meus pais, Emilia e Glaudivon, que dedicaram sua vida ao trabalho para garantir os estudos dos filhos. Pelo exemplo de vida, por acreditarem em mim, por estar sempre presente e por todo o carinho e amor compartilhado.

Aos meus irmãos, Rafa e Vê, por toda a torcida, pelo companheirismo, amizade e apoio. Mesmo longe fizeram presentes.

Aos meus lindos sobrinhos, Pedro e André, por toda felicidade que eles representam.

Ao Hermes, por fazer meus dias mais felizes, pela amizade, carinho, amor e dedicação. Mesmo em um lugar tão distante se fez muito presente.

À professora Melissa Izabel Hannas por ter acreditado no meu trabalho, pelo aprendizado e pela orientação.

Ao professor Paulo César Brustolini, pela orientação, amizade e por sempre estar disposto a me ajudar.

Ao professor Horácio Santiago Rostagno pelos valiosos ensinamentos, pela atenção e disposição em ajudar.

Ao Dr. Ramalho José Barbosa Rodrigueiro e Dr. Júlio Maria Ribeiro Pupa pela participação na banca, críticas e sugestões.

Às professoras, estudantes e funcionários do Departamento de Medicina Veterinária, em especial as professoras Brunna Fonseca, Andrea Pacheco, Lukiya Campos que realizaram as cirurgias de implantação das cânulas.

Ao professor Luiz Fernando Teixeira Albino por toda contribuição, amizade e por sempre conseguir minimizar os problemas. Ao senhor minha eterna gratidão.

Ao professor Charles Kiefer por toda ajuda nos momentos de dúvidas científicas, pela amizade e por ser exemplo de simplicidade.

A professora Rita Flávia Miranda de Oliveira, por quem tenho um carinho especial, sempre disposta a me ajudar, dedicando seu tempo para tirar minhas dúvidas e me acalmar com seus conselhos valiosos e pela torcida por meu sucesso.

Aos demais professores, colegas e funcionários do departamento de Zootecnia e, em especial, ao José Alberto “Dedeco” e Alessandro pelo apoio na realização deste trabalho e a Fernanda Vieira por sempre ajudar entender as nossas obrigações com a pós-graduação.

Aos estagiários: Maurílio Xavier, Matheus Ferreira, Vinícius Duarte, Bruna Kreuz, Diego Ladeira, Lília Lopes pela ajuda na execução deste trabalho, pela amizade e companheirismo. Em especial, ao Jesus Sanchez, sem dúvida foi um anjo que Deus enviou para me ajudar em todo o experimento a campo e laboratório. Foi uma pessoa muito importante por todo período, não só pela contribuição, mas também pela amizade e por tentar me acalmar em todos os momentos de estresse. A você meu muito obrigada!!

Ao meu querido amigo Éric Balbino pela ajuda no experimento, por sempre estar por perto, por toda paciência, pela torcida, carinho, atenção, pelas nossas conversas e por nossos momentos de descontração.

Ao meu querido Macae (Gabriel Viana) por toda ajuda científica e no experimento, pela nossa amizade, por compartilhar todos os momentos alegres e tristes, pelas nossas conversas e pelos nossos momentos de descontração.

A Jéssica Mansur, minha querida, por toda amizade ao longo dessa caminhada, por deixar os momentos mais alegres.

Ao Jorginho (Jorge Muniz) pela torcida e paciência ao atender minhas ligações. A Pri Campos por toda ajuda, torcida e apoio. A Dani Baffa, pela ajuda no experimento, amizade e nossas conversas (do choro a risada).

Aos meus queridos amigos, Rodrigo Lopes, Fatinha Vieira, Rodolfo Vieira, por fazer Viçosa ser muito especial, pelo apoio, torcida e amizade. Tenho certeza que o período da graduação e pós-graduação não foi mais estressante porque vocês estavam por perto. Aos meus amigos, Natália Crepalde, Tathy Ramalho e Mateus Pies pelo carinho e torcida.

Aos meus amigos da pós-graduação: Bruno Andreatta, Valéria Rodrigues, Hélivio Cruz, Gabrielle Souza, Gabriel Sandt, Roberta Corsino, Érika Figueiredo, Amanda Dione, Jose Enrique De La Ossa, Tarciso Tizziane, Cândida Pollyanna pela troca de experiência, amizade e pela torcida.

E a todos que contribuíram de alguma forma para realização deste trabalho.

## **BIOGRAFIA**

Cinthia Maria Carlos Pereira, filha de Glaudivon Frade Pereira e Emilia Maria Carlos Pereira, nasceu em Rio Casca, Estado de Minas Gerais, em 16 de fevereiro de 1987.

Em março de 2005, iniciou o curso de graduação em Zootecnia na Universidade Federal de Viçosa, obtendo o título de Zootecnista em Julho de 2009.

Em agosto de 2009, iniciou o curso de Mestrado em Zootecnia na Universidade Federal de Viçosa, concentrando seus estudos na área de Nutrição de Monogástricos, submetendo-se à defesa de dissertação em fevereiro de 2011.

Em março de 2011, iniciou o curso de Doutorado em Zootecnia na Universidade Federal de Viçosa. Realizou seus estudos na área de Nutrição de Monogástricos, submetendo-se a defesa de tese em janeiro de 2014.

Em dezembro de 2013, foi aprovada no Concurso Público para Professor da Universidade Estadual de Santa Cruz - UESC.

## SUMÁRIO

RESUMO .....	ix
ABSTRACT .....	xi
CAPÍTULO I.....	1
1. INTRODUÇÃO GERAL .....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	2
2.1. DIGESTIBILIDADE.....	2
2.1.1. Importância.....	2
2.1.2. Composição química .....	2
2.1.3. Digestibilidade Ileal.....	3
2.1.4. Digestibilidade Ileal Aparente, Verdadeira e Estandarizada .....	4
2.1.5. Fatores que afetam a digestibilidade .....	6
2.2. Importância.....	7
2.2.2. Processamento de coprodutos da agroindústria.....	7
2.2.4. Controle de qualidade.....	8
2.2.3. Nível de inclusão .....	9
2.3. TRIPTOFANO .....	9
2.3.1. Características do triptofano.....	9
2.3.2. Funções do triptofano .....	10
2.3.3. Relação triptofano digestível: lisina digestível.....	10
2.3.4. Grelina .....	11
2.3.5. Efeito do triptofano no consumo de ração.....	12
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	15
CAPÍTULO II.....	26
Digestibilidade ileal aparente e estandarizada de proteínas e aminoácidos de ingredientes vegetais e de coprodutos da agroindústria brasileira em dietas para suínos	26
CAPÍTULO III .....	62
Uso de coprodutos da agroindústria com duas relações triptofano: lisina digestível em dietas para suínos.....	62

## RESUMO

PEREIRA, Cinthia Maria Carlos, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, janeiro de 2014. **Avaliação nutricional de fontes de proteína com duas relações triptofano: lisina para suínos.** Orientadora: Melissa Izabel Hannas. Coorientadores: Horácio Santiago Rostagno e Paulo César Brustolini.

Foram realizados dois ensaios experimentais, para determinar o coeficiente de digestibilidade ileal da proteína e aminoácidos dos alimentos e avaliar a redução do farelo de soja por coprodutos de origem animal com duas relações de triptofano digestível para suínos. O experimento de digestibilidade dos alimentos para suínos foi conduzido para determinar os coeficientes de digestibilidade ileal estandardizado (CDIePB e CDIeAA) da proteína e dos aminoácidos do milho (M), farelo de soja (FS), farinha de carne & ossos (FCO) e farinha de pena (FP). Foram utilizados 15 suínos machos castrados, com cânula T no íleo terminal, distribuídos em blocos casualizados com cinco tratamentos, dois períodos e três repetições por período. Os tratamentos consistiram de uma dieta isenta de proteína (DIP) para determinação da perda endógena, DIP + M, DIP + FS, DIP + FCO e DIP + FP. Cada período teve duração de sete dias, sendo cinco dias de adaptação dos animais à dieta e dois dias de coleta ileal. Os CDIePB foram 85,75; 82,45; 74,67 e 73,65%, respectivamente. Os CDIeAA foram para o M de 87,53% (lisina), 83,67% (treonina), 92,06% (metionina), 80,48% (triptofano) e 86,00% (valina). Os CDIeAA para o FS foram 90,06% (lisina), 80,65% (treonina), 91,38% (metionina), 84,02% (triptofano) e 84,27% (valina). Os CDIeAA para o FCO foram 79,55% (lisina), 75,80% (treonina), 81,94% (metionina), 70,80% (triptofano) e 78,18% (valina). Os CDIeAA para o FP foram 69,52% (lisina), 74,13% (treonina), 77,12% (metionina), 66,19% (triptofano) e 79,77% (valina). Os coeficientes de digestibilidade ileal estandardizado do M, FS, FCO e FP analisados podem ser utilizados como referência na formulação de dietas para suínos. No experimento de desempenho foi avaliada a redução do FS por coprodutos de origem animal (FCO e FP) em suínos alimentados com duas relações de triptofano digestível: lisina digestível - Trp: Lys (18 e 21%) nas fases de 15 a 25 (inicial), 30 a 65 (crescimento) e 70 a 95 kg (terminação) de peso vivo. Foram utilizados 96 suínos machos castrados distribuídos em delineamento em bloco casualizado num arranjo fatorial 2 x 2 (duas fontes de proteínas - FCO e FP x duas relações Trp: Lys - 18 e 21%) com 12 repetições e dois animais para cada repetição.

Nas três fases experimentais, não houve interação ( $P > 0,05$ ) entre as relações Trp: Lys com as duas fontes de proteína. As relações Trp: Lys e as fontes de proteína avaliadas não influenciaram ( $P > 0,05$ ) no desempenho dos suínos de 15 a 25 kg de peso vivo. Na fase de 30 a 65 kg de peso vivo, a dieta vegetal aumentou ( $P < 0,03$ ) o CRD. Nesta fase também foi observado que a relação 21% de Trp: Lys melhorou o PF, o GPD e a EA. Na fase de 70 a 95 kg de peso vivo, as fontes de proteína não influenciaram ( $P > 0,05$ ) no desempenho. Por sua vez, a Trp: Lys de 21% melhorou ( $P < 0,01$ ) o PF, CRD e GPD. Os resultados deste experimento indicam que rações contendo níveis práticos de FCO e FP nas rações de suínos na fase de inicial, crescimento e terminação, podem substituir os alimentos vegetais. Por sua vez, a relação de Trp: Lys de 21% proporcionou os melhores resultados de desempenho nas fases de crescimento e terminação.

## ABSTRACT

PEREIRA, Cinthia Maria Carlos, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, January, 2014. **Evaluation of protein sources and two digestible tryptophan:lysine ratios for swine.** Adviser: Melissa Izabel Hannas. Co-Advisers: Horácio Santiago Rostagno and Paulo César Brustolini.

Two experimental trials were conducted to determine protein and amino acid digestibility coefficients and to assess soybean meal reduction by animal products with two digestible tryptophan: lysine ratios for pigs. The digestibility trial was conducted to determine apparent and standardized ileal digestibility coefficients for (CDIapDPB and CDIapAA) (CDIePB and CDIeAA) protein and amino acids of corn (M), soybean meal (FS), meat and bone meal (FCO) and feather meal (FP). It was used 15 barrows with T cannula in the terminal ileum, distributed at randomized blocs with five treatments, two periods with three replications per period. Treatments consisted of a protein free diet (DIP) for determination of endogenous losses, DIP + M, DIP + FS, DIP + FCO and DIP + FP. Each period lasted seven days, with five days for diet adaptation and two days for ileal collection. Determined values for CDIapPB of M, FS, FCO and FP were 67.63, 71.89, 65.11 and 65.47% and CDIePB were 85.75, 82.45, 74.67 and 73.65%, respectively. Corn CDIeAA were 87.53% for lysine, 83.67% for threonine, 92.06% for methionine, 80.48% for tryptophan and 86.00% for valine. CDIeAA values for FS were 90.06% (lysine), 80.65% (threonine), 91.38% (methionine), 84.02% (tryptophan) and 84.27% (valine). CDIeAA values for the FCO were 79.55% (lysine), 75.80% (threonine), 81.94% (methionine), 70.80% (tryptophan) and 78.18% (valine). CDIeAA for FP were 69.52% (lysine), 74.13% (threonine), 77.12% (methionine), 66.19% (tryptophan) and 79.77% (valine). The analyzed standardized ileal coefficients of digestibility of M, FS, FCO and FP can be used as an updated reference in formulating swine diets. A performance trial was carried to assess the effects of FS partial replacement by animal products (FCO and FP) in pigs fed two standardized ileal digestible tryptophan:lysine ratios during 15-25, 30-65 and 70-95 kg. It was used 96 barrows distributed in a randomized bloc design in factorial arrangement 2 x 2

(two protein sources X two digestible tryptophan: lysine ratios) with 12 repetitions with two animals for each repetition. There was no interaction ( $P > 0.05$ ) between digestible tryptophan: lysine ratios and protein sources at any of the three experimental phases. Digestible tryptophan: lysine ratios and protein sources did not affect ( $P > 0.05$ ) pigs' performance from 15 to 25 kg living weight. At 30-65 kg stage, the corn-soybean diet increased ( $P < 0.03$ ) the CRD. At this stage, it was also observed that the 21 % digestible tryptophan ratio improved the PF, GPD and EA. At the 70 to 95 kg living weight phase, protein sources did not influence ( $P > 0.05$ ) performance. Digestible tryptophan: lysine ratio of 21% improved ( $P < 0.01$ ) PF, CRD and GPD. Results of this experiment indicate that diets containing practical levels of FCO and FP in pig's diets during starter, grower and finishing stages can partly replace vegetable sources of protein. Digestible tryptophan: lysine ratio of 21% showed better performance at growing and finishing phases.

## CAPÍTULO I

### 1. INTRODUÇÃO GERAL

O milho e farelo de soja são os principais ingredientes utilizados nas dietas de suínos, justificando a necessidade de serem avaliados periodicamente quanto aos coeficientes de digestibilidade da proteína e dos aminoácidos. Uma vez que podem apresentar variação de acordo com o local de produção, forma de armazenamento e processamento do grão, dentre outros fatores.

Formular as rações utilizando os coeficientes de digestibilidade é imprescindível para maior eficiência zootécnica, pois permite conhecer a quantidade adequada de nutriente para o máximo desempenho dos animais precisam para produzir. Aliado a isso, o melhor uso dos nutrientes pelos suínos possibilita a redução da excreção de nutrientes ao ambiente reduzindo os problemas causados pelos dejetos de suínos.

Os coprodutos de frigoríficos, provenientes de aves, suínos e bovinos têm sido apontados como importantes substitutos do farelo de soja principalmente quando o preço dessa fonte proteica apresenta-se elevado. Por outro lado, os coprodutos apresentam composição em proteína bruta e aminoácidos variada devido a proporção de matéria-prima utilizada no processamento o que leva a necessidade avaliações periódicas desses ingredientes quanto aos coeficientes de digestibilidade da proteína e de aminoácidos.

Ao formular as rações usando níveis práticos das farinhas de carne & ossos e farinha de pena para suínos o aminoácido triptofano torna-se limitante sendo necessária a suplementação do L-triptofano industrial nas rações. O triptofano atua em funções importantes na deposição proteica, no sistema imune e na produção de serotonina e grelina que estão relacionados com o consumo de ração.

Nas formulações das rações a relação entre o triptofano e a lisina digestível, preconizada por Rostagno et al. (2011) para fase inicial (15 a 30 kg), crescimento (30 a 70 kg) e terminação (70 a 100 kg) é de 18%. Por outro lado, o NRC (2012) recomenda 16% para a fase inicial, 17% para a fase de crescimento e 17% para a fase terminação.

Diante do exposto, o presente estudo foi conduzido para determinar a digestibilidade da proteína e dos aminoácidos dos alimentos (milho, farelo de soja, farinha

de carne & ossos, e farinha de pena) e avaliar a substituição do farelo de soja por coprodutos de origem animal com duas relações de triptofano digestível: lisina digestível para suínos.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1. DIGESTIBILIDADE**

#### **2.1.1. Importância**

O fornecimento de quantidades adequadas de aminoácidos possibilita melhores resultados de desempenho, visto que o gasto de energia será menor para excretar o excesso de nitrogênio e a energia consumida pelos animais será aproveitada com maior eficiência para síntese proteica. A formulação de rações baseadas em aminoácidos digestíveis garante que os valores nutritivos dos ingredientes das rações sejam mais precisamente determinados e tais formulações sejam mais aproxima das exigências dos animais (Fernandes, 2012)

O conteúdo de aminoácidos nos ingredientes de origem vegetal e animal não está totalmente disponível, pois processamento, granulometria, teores de fibra e suas frações, fatores nutricionais podem afetar a digestibilidade de aminoácidos (Noblet, 2006). Diante do aumento da oferta de farinha de carne & ossos e farinha de pena para o uso na alimentação dos animais torna-se importante determinar os valores de sua digestibilidade para que as dietas forneçam a quantidade adequada dos aminoácidos. Isso permitirá que os animais tenham maior desempenho, além de favorecer para redução de aminoácidos excretados e conseqüentemente a poluição ambiental (Williams, 1995).

#### **2.1.2. Composição química**

Na formulação de rações participam vários alimentos com a finalidade de atender as exigências nutricionais dos animais. Para isso, torna-se necessário, conhecer a composição

nutricional e os respectivos valores energéticos dos alimentos, bem como suas limitações nutricionais (Nunes et al., 2001).

O valor nutricional dos alimentos está diretamente relacionado a genética, tipo de solo, clima, tipo e tempo de armazenamento e processamento industrial (Souza, 2009). Esses fatores são considerados como possíveis causas na variação da composição química de um mesmo alimento (Dos Reis, 2009).

### **2.1.3. Digestibilidade Ileal**

A digestibilidade é determinada pela diferença entre a quantidade de aminoácidos consumida e não absorvida (Sakamura & Rostagno, 2007). A maior parte dos aminoácidos que compõem as proteínas da dieta é digerida no intestino delgado, porém uma parte não digerida alcança o intestino grosso. Nesse local, os aminoácidos serão utilizados pela microflora para seu próprio crescimento e desenvolvimento, não sendo aproveitado pelo animal.

A digestibilidade é identificada com base no local em que é realizada a coleta de material, podendo ser pelo método de coleta fecal ou ileal. O método de coleta total de fezes não é o mais adequado, pois não considera que parte dos aminoácidos são utilizados no intestino grosso pelas bactérias (Tavernari et al., 2012), superestimando os valores de digestibilidade. Por isso, convencionou utilizar o método de coleta ileal de digesta que possibilita analisar a quantidade de nitrogênio excretado antes de atingir o intestino grosso, podendo obter valores mais próximos do real. Sendo assim, a digesta ileal pode ser composta por aminoácidos vindos de três fontes diferentes: aminoácidos da dieta que não foram digeridos; aminoácidos endógenos basais; e aminoácidos endógenos específicos (variam de acordo com alimentação) (Stein et al., 2007a).

A digestibilidade ileal *in vivo* em suínos pode ser determinada utilizando algumas técnicas: método do sacrifício ou abate, anastomose íleo-retal e cânula T simples, sendo esta última a mais utilizada devido à facilidade da cirurgia quando comparada a anastomose íleo-retal (Sakamura & Rostagno, 2007). Para determinar a digestibilidade ileal é utilizado um indicador, que pode ser o óxido crômico ou cinza insolúvel em ácido, que será analisado na dieta fornecida e digesta como fator de indigestibilidade.

A cânula T é localizada aproximadamente 5 a 15 centímetros anterior a válvula íleo-cecal. Durante o procedimento cirúrgico, não há necessidade de transecção completa do intestino (Sauer & De Lange, 1992), o que garante a manutenção do estado fisiológico do intestino e, por conseguinte, a passagem de digesta normalmente através do local da cânula (Fuller, 1991). A cirurgia é considerada simples e menos invasiva (Stein et al., 2007b), quando comparada aos demais métodos cirúrgicos para a determinação da digestibilidade ileal de nutrientes, permitindo a realização dos ensaios de digestibilidade em média 14 dias após recuperação cirúrgica (Easter & Tanksley Junior, 1973).

#### **2.1.4. Digestibilidade Ileal Aparente, Verdadeira e Estandarizada**

A digestibilidade ileal de aminoácidos pode ser expressa como aparente, verdadeira ou estandarizada dependendo do valor de perda de aminoácidos que são incluídos no cálculo (Stein et al., 2007a).

A digestibilidade aparente estima a quantidade de nutriente absorvido por comparação entre o consumido na dieta e o excretado e não considera perdas endógenas de aminoácidos. Os aminoácidos endógenos são derivados de proteínas não digeridas, secreções digestivas e células intestinais e representam cerca de 10 a 80% do nitrogênio presente nos sucos ileais coletados. Na digestibilidade verdadeira ou estandarizada é incluída a correção para perdas endógenas, portanto, seus valores são maiores que os da digestibilidade aparente.

As técnicas mais utilizadas para determinar as perdas endógenas da proteína e dos aminoácidos em suínos são: uso de dieta isenta de proteína; uso de dieta com alimentos altamente digestíveis, como a caseína láctea; a caseína hidrolizada enzimaticamente; dieta livre de proteína com infusão de N-livre intravenosa. Há também a técnica de diluição de isótopos (Moughan, 2003).

As perdas endógenas totais pode ser dividida em perda basal e perda específica (Mosenthin et al., 2000; Jansman et al., 2002; Stein et al., 2007a,b). A perda basal corresponde a uma quantidade mínima de aminoácidos que é perdida inevitavelmente pelo animal sem influência da composição da dieta, mas que é afetada pelo total de matéria seca

ingerida pelo animal (Boisen & Fernández,1995; Hess & Sève, 1999; Moter & Stein, 2004), estado fisiológico do animal e as condições experimentais (Stein et al., 2007a).

A perda endógena específica está relacionada com a composição da dieta ou do alimento (como exemplo, presença de fatores tais como lectinas, inibidores de tripsina e taninos) podendo contribuir com mais de 50% da perda endógena total de aminoácidos (Stein et al., 2007a).

Para conseguir estimar os valores de perdas endógenas, é utilizada uma dieta classificada como dieta isenta de proteína (DIP) ou caseína hidrolisada enzimaticamente (Stein et al., 2007). A DIP é formulada para não conter nenhum ingrediente proteico. Sendo assim, todos os aminoácidos presentes na digesta ileal são referentes às perdas endógenas basais (Papadopoulos,1985). Entretanto, o uso de uma DIP é criticado, pois pode subestimar as perdas endógenas basais (AMIPIG, 2000) por afetar o metabolismo normal da proteína do corpo e com isso reduzir a secreção de compostos nitrogenados no lúmen intestinal (Low, 1980).

A utilização da dieta com caseína hidrolizada enzimaticamente consiste em uma dieta que simule a digestão de uma dieta normal considerando que todo aminoácido presente na dieta é 100% absorvido. Isso evita que o valor de excreção endógena seja subestimado, como ocorre com o uso da DIP (Rutherford & Moughan, 1998).

Para a determinação da perda endógena específica seria necessário preparar uma DIP específica contendo como exemplo os fatores antinutricionais de cada alimento, o que se torna impraticável. Por isso, os valores publicados são de digestibilidade estandardizada visto que dificilmente são determinados as perdas referentes ao alimento (Tavernari et al., 2012). Na literatura a digestibilidade ileal verdadeira e estandardizada são consideradas como sendo a mesma coisa, entretanto, existe uma diferença em relação as perdas endógenas.

Os valores de perda endógena podem variar de acordo com a quantidade de ração consumida, presença de fatores antinutricionais, fonte de fibra dos alimentos, dentre outros. Dessa forma, ao comparar trabalhos avaliando a perda endógena devem-se considerar esses itens. Costa et al. (2008) ao conduzirem um estudo para determinar a perda endógena de aminoácidos usando a DIP encontraram valores de: 0,27 mg/g de lisina, 0,24 mg/g de treonina, 0,13 mg/g de metionina, 0,07 mg/g de triptofano e 0,38 mg/g de valina. Por outro

lado, Zhai & Aldeola (2011) avaliando a perda endógena utilizando a DIP encontraram valores de 0,427 mg/g de lisina, 0,423 mg/g de treonina, 0,065 mg/g de metionina, 0,098 mg/g de triptofano e 0,387 mg/g de valina. Os autores trabalharam com consumo de ração diferente o que provavelmente explica a diferença de valores de perda endógena. Costa et al. (2008) forneceu ração de acordo com o peso metabólico e Zhai & Aldeola (2011) o consumo de ração estabelecido foi de 3% do peso vivo dos suínos.

### **2.1.5. Fatores que afetam a digestibilidade**

A digestibilidade varia de acordo com o processamento, principalmente os produtos de origem animal. Batterham et al. (1986) ao determinar a digestibilidade da lisina em farinha de carne, farinha de carne & ossos e farinha de sangue, constataram que a digestibilidade é dependente do processamento. Além disso, podem ocorrer interações entre o animal e o alimento que alteraram os valores de digestibilidade dos aminoácidos.

A digestibilidade dos alimentos de origem vegetal podem variar de acordo com a temperatura de secagem dos grãos, tempo e formas de armazenamento dos alimentos (Carvalho et al., 2009), por isso há necessidade de avaliar os diferentes tipos de alimentos. Outros fatores no alimento podem interferir a digestibilidade dos aminoácidos, como os inibidores de protease, presença de taninos, reação de Maillard, produtos da oxidação da gordura e interação proteína-proteína. Muitos desses fatores são próprios dos alimentos ou adquiridos pelo processamento inadequado (Coon, 1991).

O fornecimento da dieta *ad libitum* ou restrita também interfere na digestibilidade dos alimentos. A limitação do consumo da dieta e água e a alimentação dos suínos em intervalos de tempo fixos, comumente observados em ensaios de digestibilidade ileal de aminoácidos, podem influenciar o tempo de retenção da digesta no intestino delgado e, consequentemente, afetar a digestibilidade.

A digestibilidade dos nutrientes decresce consistentemente com o aumento do conteúdo de fibra na dieta. Contudo, de acordo com Fernández & Jorgensen (1986), a magnitude desta influência negativa depende da fonte de fibra (tipo e origem), do grau de moagem, do tratamento térmico, da peletização, do período de adaptação à dieta, do nível de alimentação, da idade e peso corporal do suíno, entre outros fatores.

## **2.2. FARINHA DE ORIGEM ANIMAL**

### **2.2.1. Importância**

Atualmente, há a necessidade de produzir maiores quantidades de ração para suprir a demanda, aumentando à busca de ingredientes que possam substituir o milho e o farelo de soja. As farinhas de origem animal podem ser uma alternativa aos produtos de origem vegetal por apresentarem excelentes características nutricionais, como conteúdo elevado de proteína e fósforo que podem substituir o farelo de soja e o fosfato bicálcico da dieta reduzindo os custos das rações (Scheuermann & Rosa, 2007).

Associado a isso, a crescente produção de carne em frigoríficos de aves, suínos e bovinos tem gerado grandes quantidades de resíduos sendo necessárias formas para utilizar estes coprodutos eliminando os resíduos sem causar poluição ambiental, além de gerar lucro. Uma das formas é a utilização dos coprodutos na alimentação animal (Scapim et al., 2003), no entanto há a necessidade da verificação periódica da qualidade dessas farinhas de origem animal (Bellaver, 2005).

### **2.2.2. Processamento de coprodutos da agroindústria**

Entre os coprodutos de abatedouros pode-se citar a farinha de carne & ossos e a farinha de penas, que contém elevado teores de proteína. A dificuldade de seu uso é devido à falta de padronização do processamento que resultam em diferentes valores de proteína e aminoácidos contidos nos coprodutos. A composição pode ser devido à diferença entre a qualidade das matérias que compõem as farinhas e o método de processamento utilizado.

A farinha de carne & ossos (FCO) é um ingrediente produzido por graxarias ou frigoríficos a partir de ossos e outros tecidos da carcaça de animais (bovinos, suínos, ovinos, caprinos, eqüinos, bubalinos, etc) não aproveitadas para consumo humano. Este ingrediente é moído, cozido, prensado para extração da gordura e novamente moído. Não deve conter sangue, cascos, unhas, chifres, pelos e conteúdo estomacal (Bellaver, 2001) a não ser os obtidos involuntariamente dentro dos princípios de boas práticas de fabricação. Não deve conter matérias estranhas. Deve ter no mínimo 4 % de fósforo (P) e o cálcio não

deve exceder a 2,2 vezes o nível de P e a proteína deve ter solubilidade em pepsina superior a 86% (Bellaver, 2001). O sobreaquecimento influencia na palatabilidade e qualidade da FCO e procedimentos devem ser utilizados para eliminar os microrganismos prevenindo a contaminação da FCO após o processamento. Sua cor é de dourada a marrom com densidade de 657 a 689 kg/m<sup>3</sup> (Bellaver, 2005).

Farinha de penas hidrolizadas (FPH) é produto resultante da cocção, sob pressão, de penas limpas e não decompostas, obtidas no abate de aves, sendo permitida a participação de sangue desde que a sua inclusão não altere significativamente a composição da FPH, uma vez que a inclusão caracterizaria outro tipo de farinha, farinha de penas e sangue (Compêndio, 1998).

As farinhas de origem animal podem ser conservadas por períodos maiores com a adição de antioxidante, principalmente se o conteúdo de gordura da farinha for superior a 12%. A adição permite armazenar as farinhas por período entre 3 a 5 meses, ao contrário de farinhas sem adição de antioxidante, cujo prazo de validade varia entre 1 a 2 meses (tempo variável conforme qualidade da matéria prima, temperatura de estocagem, etc).

#### **2.2.4. Controle de qualidade**

O controle de qualidade dos produtos é importante, uma vez que só é possível produzir dieta de alta qualidade com matéria-prima de alta qualidade. A grande restrição da utilização das farinhas de origem animal em dietas é devido a sua falta de padronização sendo questionável a qualidade sanitária e nutricional. Isso se deve muito as dificuldades no controle e processamento da matéria-prima (Albino & Silva, 1996). Desta forma, coeficientes de digestibilidade e a biodisponibilidade dos aminoácidos em farinhas de coprodutos de origem animal podem ser muito variáveis.

Os valores nutricionais das farinhas de origem animal podem variar em função das matérias-primas utilizadas nos setores de graxaria dos abatedouros, métodos de processamento utilizados (Albino & Silva, 1996), além da metodologia utilizada para determinação da composição nutricional (Nascimento, 2000). A qualidade das farinhas pode variar de acordo com: a umidade; alta temperatura; tempo excessivo na moagem; excesso de gordura; contaminação (cascos, chifres, sangue, pelos, sal, couro, resíduos

estomacais ou intestinais, sangue, pena e proteína bruta (Butolo, 2002)); tempo entre o sacrifício e o processamento; acidez; índice de peróxido e contaminação microbiana (Bellaver et al., 2001).

### **2.2.3. Nível de inclusão**

Para utilização de coprodutos na alimentação animal é necessário estabelecer o nível mínimo e máximo de inclusão que não cause danos ao desempenho dos animais (Santos et al., 2006) e o rendimento de carcaça (Bellaver et al., 2001). Os altos níveis de macrominerais (fósforo e cálcio) nas FCO são limitantes a inclusão de maiores quantidades de farinha de origem animal nas rações.

Chiba et al. (1996) avaliando a substituição de 0, 3, 6, 9 e 12% do FS pela FP com a suplementação de lisina observaram redução de aproximadamente 8% no GPD dos animais com a inclusão de 12% de FP nas dietas. Por outro lado, Apple et al. (2003) trabalhando com níveis de FP (0; 3,0; 6,0%) para suínos em crescimento não observaram diferença no CRD e GPD entre os animais concluindo que a FP pode ser incluída em até 6,0% na dieta dos suínos. van Heigten & van Kempen (2002) trabalhando com a inclusão de 0, 2, 4, 6, 8 e 10% de FP em dieta de suínos em terminação também não observaram diferença no desempenho dos animais com a inclusão de até 8,0% de FP na dieta.

## **2.3. TRIPTOFANO**

### **2.3.1. Características do triptofano**

O triptofano faz parte do grupo de cadeia lateral de aminoácido ou grupos R hidrofóbicos em conjunto com a alanina, leucina, isoleucina, valina, prolina, fenilalanina, e metionina. Caracteriza-se por dois anéis aromáticos na sua cadeia lateral (Figura 1). Pode ser sintetizado por bactérias, fungos e plantas a partir de moléculas como o ácido fosfoenolpiruvato e ácido chiquímico (Lehninger, 1995). Na natureza só se encontra L-triptofano na forma de estereoisómero como um componente de enzimas e proteínas estruturais.

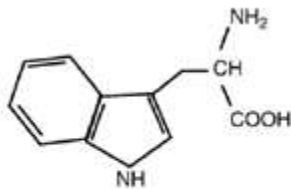


Figura 1 - Molécula de triptofano

### 2.3.2. Funções do triptofano

O triptofano é um aminoácido essencial sendo o quarto limitante para suínos em dietas utilizadas no Brasil. Assim como os outros aminoácidos essenciais sua quantidade limitada reduz a eficiência de utilização dos demais aminoácidos na deposição proteica, uma vez que quantidades limitadas desse reduz a eficiência de utilização dos demais na deposição proteica e conseqüentemente reduz a taxa de crescimento.

O triptofano é responsável pela produção de vários metabólicos importantes, como a niacina (vitamina B3), melatonina (neurohormônio) produzida a partir da serotonina, serotonina (neurotransmissor) e a grelina, sendo esses dois últimos com papel crucial na regulação do consumo de ração. O triptofano é importante intermediário do sistema imunológico e sua demanda pode ser aumentada em processos inflamatórios.

O triptofano pode ser metabolizado por vias diferentes dando origem a produção de metabólitos diferentes. Pode ser metabolizado para produção de serotonina, um neuromediador, produzido principalmente no estômago, também nas plaquetas e no cérebro. Também pode ser metabolizado pela via da Quinurenina, que está associada a defesa corporal do organismo (Le Floch & Seve, 2007). A maior parte do triptofano ingerido é metabolizado pela via da Quinurenina, sendo menos de 1% do triptofano ingerido é convertido em triptofano (Wolf, 1974).

### 2.3.3. Relação triptofano digestível: lisina digestível

A relação triptofano: lisina preconizada para as fases inicial, crescimento e terminação (Rostagno et al., 2011) é de 18% e o NRC (2012) recomenda 16% para a fase inicial, 17% para a fase de crescimento e 17% para a fase terminação, porém relações triptofano: lisina maiores podem ser exigida pelos animais em determinadas situações

sendo necessário a inclusão de L-triptofano. A utilização desta prática pode-se tornar cada vez mais frequente devido a maior disponibilidade de L-triptofano a preços acessíveis. A relação triptofano: lisina pode sofrer algumas variações de acordo com a taxa de crescimento, peso corporal dos animais, concentração de lisina e proteína bruta na dieta, período de realização do estudo e condições sanitárias de alojamento.

A relação também pode ser alterada de acordo com a dieta utilizada. A maioria das dietas utilizadas na alimentação animal é à base de milho e farelo de soja, entretanto com o alto custo do farelo de soja, alternativas são avaliadas visando uma dieta de qualidade a baixo custo. Em dietas a base de produtos de origem vegetal a relação triptofano: lisina preconizada é de 18% (Rostagno et al., 2011) entretanto, quando se utilizam produtos de origem animal e coprodutos da indústria, o triptofano de quarto passa a ser o segundo aminoácido limitante o que pode levar a alterações na relação triptofano: lisina.

#### **2.3.4. Grelina**

O triptofano estimula o estômago aumentando a expressão da grelina (Zhang et al., 2007). A grelina é um peptídeo multifuncional que atua na regulação do comportamento alimentar (Asakawa et al., 2005; Chen et al., 2005; Matsuda et al., 2006), resposta neuroendócrina para o estresse e secreção de hormônio (Asakawa et al., 2001), crescimento e desenvolvimento de tecidos (Fukushima et al., 2005; Leite-Moreira et al., 2007), aumento da motilidade intestinal (Ariga et al., 2007; Tüner et al., 2007), controle na proliferação de célula (Baldanzi et al., 2002), homeostase energética (Kokkinos et al., 2007; Sun et al., 2007) e modulação no eixo reprodutor (Fuglsang, 2007).

Descoberta em 1999, a grelina é um ligante natural do hormônio de crescimento e tem um importante papel na secreção deste hormônio (Kojima et al., 1999). Produzida no estômago, pode ser encontrada em diversos outros tecidos, por exemplo, na hipófise, hipotálamo, no pulmão, pâncreas, células do sistema imunológico, placenta, ovário, testículo e nos rins (Hagemann et al, 2003;. Hubina et al., 2005). Além da função de aumentar os níveis de hormônio de crescimento no plasma, aumenta o apetite em animais. Em leitões, a infusão de grelina provocou aumento no consumo de ração e conseqüentemente no ganho de peso (Salfen et al., 2004).

O estômago comunica com o sistema nervoso central por fluidos corporais e mecanismos neurais e endócrinos (Hayashida et al., 2001). Uma forma de estimular esta ligação é a fome. A fome estimula o estômago a secretar grelina, que, então, informa o sistema nervoso central sobre o conteúdo energético corporal (Kirsz & Zieba, 2011). Assim o estado nutricional estimula ou inibe a liberação de grelina. Antes da refeição os níveis de grelina atingem um pico (Cummings et al., 2001) e tem níveis reduzidos a medida que níveis energéticos aumentam. A grelina estimula o aumento do consumo de ração e o peso corporal através da liberação do neuropeptídeo Y (NPY) e da proteína relacionada com agouti (AGP) e antagonista a ação da leptina, que atua reduzindo o consumo de ração (Greenman et al., 2004).

Há indícios que alguns nutrientes na dieta podem afetar o nível de grelina plasmática, um exemplo é glicose que causa rápida supressão do nível de grelina no plasma (Hotta et al., 2004; Soriano-Guillen et al., 2004; Parker et al., 2005) enquanto dieta rica em proteínas estimulam a expressão e secreção de grelina em ratos (Erdmann et al., 2003; Vallege-Cremades et al., 2004; 2005). Em suínos, foi observada a relação do triptofano e a grelina em relação ao aumento da secreção de hormônio de crescimento e apetite (Zhang et al., 2007).

Tem sido relatado que a grelina pode reduzir o período de anorexia e aumentar o peso corporal no período pós-desmame. Salfen et al. (2004) avaliaram o efeito da infusão de grelina humana três vezes ao dia por cinco dias em leitões pós-desmama e observaram que a infusão de grelina melhorou o ganho de peso e aumentou o consumo de ração em relação aos animais que receberam infusão de solução salina.

### **2.3.5. Efeito do triptofano no consumo de ração**

A ingestão alimentar é controlada por uma combinação de respostas no cérebro. Tem sido relatado que a barreira hematoencefálica está envolvida em resposta ligada a saciedade ao detectar flutuações no estado nutricional a curto prazo que causam início da respostas gastrointestinais e motoras

O controle homeostático de apetite é regulado pela necessidade do corpo em manter o depósito de energia, sendo isso conseguido com o aumento do estímulo para consumir

mediante a deficiência energética. Assim que essa necessidade é satisfeita, sinais de feedback negativos são emitidos proporcionando o fim do estímulo ao consumo. Este sistema homeostático é eficiente em evitar que o corpo fique em déficit de energia (Harrold et al., 2012). Várias regiões do cérebro e vários hormônios, como a leptina, amilina e grelina (Berthoud, 2002) estão envolvidos na regulação do consumo de ração em mamíferos. A grelina, diferente dos outros hormônios periféricos, atua estimulando a ingestão de alimentos.

As alterações das concentrações de nutrientes acarretam respostas fisiológicas no organismo, tais como fome e saciedade. Neste sentido, foi observado na produção de suínos que deficiência de triptofano afeta o apetite e consumo de ração e conseqüentemente a taxa de crescimento do animal. Isto tem sido observado na fase inicial (Eder et al., 2001), crescimento (Henry et al., 1996), terminação (Henry et al., 1992).

O triptofano estimula o consumo de ração pela ação da grelina, hormônio do intestino ligado ao apetite. Zhang et al. (2007) trabalhando com leitões desmamados alimentados com dietas com três níveis de triptofano (0,12; 0,19 e 0,26%) observaram que aumento da ingestão de triptofano na dieta promoveu melhora no ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar. A adição de triptofano induziu aumento da expressão de RNAm da grelina no estômago e duodeno e nos níveis de grelina no plasma.

Zhang et al. (2007) avaliando o efeito da infusão de solução salina, triptofano e 5-hidroxitriptofano em leitões alimentados com dietas com baixo nível de triptofano sobre o nível de grelina plasmático observaram que o nível de grelina após 20 minutos e o consumo de ração aumentaram com a infusão de triptofano. Após 40 minutos, o nível de grelina diminuiu e após este período continua declinando. O nível de grelina diminuiu depois da infusão de solução salina e 5-hidroxitriptofano. Nos três períodos analisados (20; 40; 60 minutos) o nível de grelina plasmática foi maior em animais que receberam a infusão de triptofano em relação aos animais que receberam a solução salina e o 5-hidroxitriptofano. Foi observado redução da ingestão de alimento com a infusão de 5-hidroxitriptofano que pode ter sido causado pelo aumento do 5-hidroxitropamina no cérebro de leitões desmamados.

Jansman et al. (2009) trabalhando com adição de triptofano (14, 17, 20 e 23 g/kg correspondendo às relações de triptofano digestíveis de 14, 17, 20 e 23%) em dietas

deficientes de triptofano para animais no pós-desmama até 24 kg observaram que a melhor relação encontrada foi de 20%. Guzik et al. (2005) também conduziram um trabalho para avaliar níveis de triptofano digestível para suínos na terminação e observaram maior CA com nível 0,109% que corresponde uma relação Trp: Lys de 21%. Por outro lado, Lima et al. (2003) não verificaram melhora no desempenho avaliando diferentes relações de triptofano digestíveis (16, 17, 18, 19 e 20%) para suínos de 70 a 95 kg, recomendando a relação de 16%. Haese et al. (2006) também não observaram efeito no CRD, GPD e CA quando avaliaram os níveis de triptofano (0,128; 0,136; 0,144; 0,152 e 0,160% de triptofano digestível) correspondentes às relações de triptofano digestível de 16, 17, 18, 19 e 20%, respectivamente.

### 3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBINO, L.F.T.; SILVA, M.A. Valores nutritivos de alimentos para aves e suínos determinados no Brasil. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE AVES E SUÍNOS. Viçosa, 1996. *Anais...* Viçosa: UFV, 1996. p.303-318.

AMIPIG. Ileal standardised digestibility of amino acids in feedstuffs for pigs. AFZ, Ajinomoto Eurolysine, Aventis Animal Nutrition, INRA, ITCF. 2000.

APPLE, J.K.; BOGER, C.B.; BROWN, D.C.; MAXWELL, C.V.; FRIESEN, K.G.; ROBERTS, W.J.; JOHNSON, Z.B. Effect of feather meal on live animal performance and carcass quality and composition of growing-finishing swine. **Journal Animal Science**, v.81, p.172-181, 2003.

ARIGA, H.; TSUKAMOTO, K.; CHEN, C.; MANTYH, C.; PAPPAS, T.N.; TAKAHASHI, T. Endogenous acyl ghrelin is involved in mediating spontaneous phase III-like contractions of the rat stomach. **Neurogastroenterol Motil**, v.19, p.675–80, 2007.

ASAKAWA, A.; INUI A.; KAGA T.; YUZURIHA, H., NAGATA, T.; UENO, N. et al. Ghrelin is an appetite-stimulatory signal from stomach with structural resemblance to motilin. **Gastroenterology**, v.120, p.337–345, 2001.

ASAKAWA, A.; INUI, A.; FUJIMIYA, M.; SAKAMAKI, R.; SHINFUKU, N.; UETA, Y. et al. Stomach regulates energy balance via acylated ghrelin and desacyl ghrelin. **Gut**, v.54, p.18–24, 2005.

BALDANZI, G.; FILIGHEDDU, N.; CUTRUPI, S.; CATAPANO, F.; BONISSONI, S. FUBINI, A. et al. Ghrelin and des-acyl ghrelin inhibit cell death in cardiomyocytes and endothelial cells through ERK1/2 and PI 3-kinase/AKT. **Journal of Cell Biology**, v.159, p.1029–37, 2002.

BATTERHAM, E.S., LOWE, R.F., DARNELL, R.E., MAJOR, E.J., Availability of lysine in meat meal, meat and bone meal and blood meal as determined by the slope-ratio assay with growing pigs, rats and chicks and chemical techniques. **British Poultry Science**, v.55, p.427-440, 1986.

BELLAVER, C. Limitações e vantagens do uso de farinhas de origem animal na alimentação de suínos e de aves. *Anais do 2º Simpósio Brasileiro Alltech da Indústria de Alimentação Animal*; 2005; Curitiba, PR: Alltech.

BELLAVER, C. Ingredientes de origem animal destinados à fabricação de rações. *Anais... Simpósio sobre Ingredientes na Alimentação Animal de 18 a 20 de Abril de 2001 – Colégio Brasileiro de Nutrição Animal - Campinas SP*. 2001.

BELLAVER, C., BRUM, P.A.R.; LIMA, G.M.M.; BOFF, J.; KERBER, J. Utilização de dietas com base na proteína ideal para frangos de corte de 1 a 42 dias utilizando farinha de vísceras de aves. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**. Suplemento 3. Trabalhos de Pesquisa. p.44-45. FACTA. Campinas. 2001.

BERTHOUD, H.R. Multiple neural systems controlling food intake and body weight. **Neuroscience Biobehavioral Reviews**, v.26, p.393–428, 2002.

BOISEN, S.; FERNÁNDEZ, J.A. Prediction of the apparent ileal digestibility of protein and amino acids in feedstuffs and feed mixtures for pigs by in vitro analyses. **Animal Feed Science Technology**, v.51, p.29–43, 1995.

BUTOLO, J.E. Qualidade de ingredientes na alimentação animal. Colégio Brasileiro de Nutrição Animal. Campinas, SP, 430p., 2002.

CARVALHO, D. C. O., ALBINO, L.F.T., VARGAS JUNIOR, J. G. et al. Coeficiente de digestibilidade verdadeira dos aminoácidos e valores de aminoácidos digestíveis do milho

submetido a diferentes temperaturas de secagem e períodos de armazenamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.5, pp. 850-856, 2009.

CHEN, C.Y.; CHAO, Y.; CHANG, F.Y.; CHIEN, E.J.; LEE, S.D.; DOONG, M.L. Intracisternal des-acyl ghrelin inhibits food intake and non-nutrient gastric emptying in conscious rats. **International Journal of Molecular Medicine**, v.16, p.695–699, 2005.

CHIBA, L.I.; IVEY, H.W.; CUMMINS, K.A.; GAMBLE, B.E. Hydrolyzed feather meal as a source of amino acids for finisher pigs. **Animal Feed Science Technology**, v.57, p.15-24, 1996.

COMPÊNDIO BRASILEIRO DE ALIMENTAÇÃO ANIMAL. São Paulo: *Sindirações/ANFAL*; Campinas: CBNA/SDR/MA, 371 p. 1998.

COON, C.N. Optimizing ingredient utilization through a better understanding of amino acid bioavailability. In TECHNICAL SYMPOSI, 1991, Aruba. **Proceedings...** Aruba: Novus International, p.11-40, 1991.

COSTA, L.F.; LOPES, D.C.; FREITAS, L.S.; HANNAS, M.I.; PUPA, J.M.R; CORASSA, A. Determinação das perdas endógenas e da digestibilidade ileal da proteína e dos aminoácidos em suínos utilizando-se duas técnicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p. 1243-1250, 2008.

CUMMINGS, D.E; PURNELL, J.Q.; FRAYO, R.S.; SCHMIDOVA, K.; WISSE, B.E.; WEIGLE, D.S. A preprandial rise in plasma ghrelin levels suggests a role in meal initiation in humans. **Diabetes**, v.50, p.1714–1719, 2001.

DOS REIS, D.D. Estudo da composição nutricional e dos coeficientes de digestibilidade da farinha amilácea fina do babaçu determinada com suínos nas fases de crescimento e terminação. 101p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) Universidade Federal do Tocantins, Araguaína, 2009.

EASTER, R.A., TANKSLEY JÚNIOR, T.D. A technique for re-entrant ileocecal cannulation of swine. **Journal of Animal Science**, v.36, p.1099-1103, 1973.

EDER, K.; PEGANOVA, S.; KLUGE, H. Studies on the tryptophan requirement of piglets. **Arch. Tierernahr.**, v.55, p.281–297, 2001.

ERDMANN, J.; LIPPL, F.; SCHUSDZIARRA, V. Differential effect of protein and fat on plasma ghrelin levels in man. **Regulatory Peptides**, v.116, p.101–107, 2003.

FERNANDES, M. N. S. Aminoácidos digestíveis na alimentação de frango de corte. *Revista Eletrônica Nutritime*, v.9, p. 2135-2153, 2012.

FERNÁNDEZ, J.A., JORGENSEN, J.N. Digestibility and absorption of nutrients as affected by fiber content in the diet of the pig. Quantitative aspects. **Livestock Production Science**, v.15, p.53-71, 1986.

FUGLSANG, J. Ghrelin in pregnancy and lactation. **Vitamins & Hormones**, v.77, p.259–284, 2007.

FUKUSHIMA, N.; HANADA, R.; TERANISHI, H.; FUKUE, Y.; TACHIBANA, T.; ISHIKAWA, H. et al. Ghrelin directly regulates bone formation. **Journal Bone and Mineral Research**, v.20, p.790–798, 2005.

FULLER, M.F. Methodologies for the measurement of digestion. In: DIGESTIVE PHYSIOLOGY IN PIGS, 5, 1991, Wageningen. **Proceedings...** Wageningen: Pudoc, p.273-288, 1991.

GREENMAN, Y.; GOLANI, N.; GILAD, S.; YARON, M.; LIMOR, R.; STERN, N. Ghrelin secretion is modulated in a nutrient- and genderspecific manner. **Clinical Endocrinology**, v.60, p.382–386, 2004.

GUZIK, A.C.; SHELTON, J.L.; SOUTHERN, L.L.; KERR, B.J.; BIDNER, T.D. The tryptophan requirement of growing and finishing barrows. **Journal Animal Science**, v.83, p.1303-1311, 2005.

HAGEMANN, D.; MEIER, J.J.; GALLWITZ, B.; SCHMIDT, W.E. Appetite regulation by ghrelin – a novel neuro-endocrine gastric peptide hormone in the gut-brain-axis. **Z Gastroenterol**, v.41, p.929–936, 2003.

HAESE, D.; DONZELE, J.L.; OLIVEIRA, R.F.M; ABREU, M.L.T.; SILVA, F.C.O; SARAIVA, A. Níveis de triptofano digestível em rações para suínos machos castrados de alto potencial de deposição de carne magra na carcaça dos 60 aos 95 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p.2309- 2313, 2006.

HARROLD, J.A.; DOVEY, T.M.; BLUNDELL, J.E.; HALFORD, J.C.G. CNS regulation of appetite. **Neuropharmacology**, v.63, p.3-17, 2012.

HAYASHIDA, T.; MURAKAMI, K.; MOGI, K.; NISHIHARA, M.; NAKAZATO, M.; MONDAL, M.S.; HONI, Y.; KOJIMA, M.; KANGAWA, K.; MURAKAMI, N. Ghrelin in domestic animals: distribution in stomach and its possible role. **Domestic Animal Endocrinology**, v.21, p.17–24, 2001.

HENRY, Y.; COLLÉAUX, Y.; GANIER, P.; SALIGAUT, A., JÉGO, P. 1992. Interactive effects of dietary levels of tryptophan and protein on voluntary feed intake and growth performance in pigs, in relation to plasma free amino acids and hypothalamic serotonin. **Journal Animal Science**, v.70, p.1873–1887, 1992.

HENRY, Y.; SEVE, B.; MOUNIER, A.; GANIER, P. Growth performance and brain neurotransmitters in pigs as affected by tryptophan, protein and sex. **Journal Animal Science**, v.74, p.2700–2710, 1996.

HESS, V.; SE`VE, B. Effects of body weight and feeding level on basal ileal endogenous losses in growing pigs. **Journal Animal Science**, v.77, p.3281–3288, 1999.

HOTTA, M.; OHWADA, R.; KATAKAMI, H.; SHIBASAKI, T.; HIZUKA, N.; TAKANO, K. Plasma levels of intact and degraded ghrelin and their responses to glucose infusion in anorexia nervosa. **Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism**, v.89, p.5707–5712, 2004.

HUBINA, E.; GOTH, M.; KORBONITS, M. Ghrelin – a hormone with multiple functions. **Orv Hetil**, v.146, p.1345–1351, 2005.

JANSMAN, A.J.M.; SMINK, W.; van LEEUWEN, P., RADEMACHER, M. Evaluation through literature data of the amount and AA composition of basal endogenous crude protein at the terminal ileum of pigs. **Animal Feed Science Technology**, v.98, p.49–60, 2002.

JANSMAN, A.J.M.; VAN DIEPEN, J.TH.M.; MELCHIOR, D. The effect of diet composition on tryptophan requirement of young piglets. **Journal Animal Science**, v.88, p.1017-1027, 2009.

KIRSZ, K.; ZIEBA, D.A. Ghrelin-mediated appetite regulation in the central nervous system. **Peptides**, v.32, p.2256–2264, 2011.

KOJIMA, M.; HOSODA, H.; DATE, Y.; NAKAZATO, M.; MATSUO, H.; KANGAWA, K. Ghrelin is a growth-hormone-releasing acylated peptide from stomach. **Nature**, v.402, p.656–60, 1999.

KOKKINOS, A.; MOUROUZIS, I.; KYRIAKI, D.; PANTOS, C.; KATSILAMBROS, N.; COKKINOS, D.V. Possible implications of leptin, adiponectin and ghrelin in the regulation of energy homeostasis by thyroid hormone. **Endocrine**, v.32, p.30–32, 2007.

LE FLOCH, N.; SEVE, B. Biological roles of tryptophan and its metabolism: Potential implications for pig feeding. **Livestock Science**, v.112, p.23–32, 2007.

LEHNINGER, A.L., NELSON, D.L., COX, M.M., **Princípios de Bioquímica**. 2ed. São Paulo: Savier, 1995.

LEITE-MOREIRA, A.F.; ROCHA-SOUSA, A.; HENRIQUES-COELHO, T. Cardiac, skeletal, and smooth muscle regulation by ghrelin. **Vitamins & Hormones**, v.77, p.207–238, 2007.

LIMA, G.J.M.M.; KLEIN, C.H.; HACKENHAAR, L. Determinação da Relação Triptofano:lisina em Dietas para Suínos em Terminação (70 a 95 kg). Comunicado Técnico 335. Embrapa. Concórdia, 2003.

LOW, A.G. Nutrient absorption in pigs. **Journal of Science Food and Agriculture**, v.31, p.1087-1130, 1980.

MATSUDA K, MIURA T, KAIYA H, MARUYAMA K, SHIMAKURA S, UCHIYAMA M; KANGAWA, K.; SHIODA, S. Regulation of food intake by acyl and des-acyl ghrelins in the goldfish. **Peptides**, v.27, p.2321–2325, 2006.

MOSENTHIN, R.; SAUER, W.C.; BLANK, R.; HUISMAN J.; FAN, M.Z. The concept of digestible amino acids in diet formulation for pigs. **Livestock Production Science**, v.64, p.265–280, 2000.

MOTER, V.; STEIN, H.H.. Effect of feed intake on endogenous losses and amino acid and energy digestibility by growing pigs. **Journal Animal Science**, v.82, p.3518–3525, 2004.

MOUGHAN, P.J. AA digestibility and availability in food and feedstuffs. Pages 199-221. In: Digestive Physiology in Pigs. Proc. 9th Intl. Symp. Vol. 1. R. O. Ball, ed. Univ. Alberta, Alberta, Canada. 2003.

NASCIMENTO, A. H. Determinação do valor nutritivo da farinha de vísceras e da farinha de penas para aves utilizando diferentes metodologias. Viçosa, UFV, 2000. 106p. *Dissertação (Doutorado em Zootecnia)* – Universidade Federal de Viçosa, 2000.

NOBLET, J. Energy Evaluation of Feeds for Pigs: Consequences on Diet Formulation and Environment Protection. **Lohmann Informtion**, v.41, p.38-50, 2006.

NRC - Nutrients requirements of swine. 11ed. 2012. National Academic Press, Washington, DC., 400p.

NUNES, R. V. Composição bromatológica, energia metabolizável e equações de predição da energia do grão e de subprodutos do trigo para pintos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.3, p.785-793, 2001.

PAPADOPOULOS, M.C. Estimations of amino acid digestibility and availability in feedstuffs for poultry. **Word's Poultry Science**, v.41, p.64-71. 1985.

PARKER, B.A; DORAN, S.; WISHART, J.; HOROWITZ, M.; CHAPMAN, I.M. Effects of small intestinal and gastric glucose administration on the suppression of plasma ghrelin concentrations in healthy older men and women. **Clinical Endocrinology**, v.62, p.539–546, 2005.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabela Nutricional de Aves e Suínos**. Composition of Feedstuffs and Nutritional Requirements. 3.ed. VIÇOSA: UFV, Animal Science Department, 2011. 251p.

RUTHERFURD, S.M.; MOUGHAN, P.J. The digestible amino acid composition of several milk proteins: application of a new bioassay. **Journal of Dairy Science**, v.81, p.909-917. 1998.

SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal: FUNEP, 2007, 283p.

SALFEN, B.E.; CARROLL, J.A.; KEISLER, D.H.; STRAUCH, T.A. Effects of exogenous ghrelin on feed intake, weight gain, behavior, and endocrine responses in weanling pigs. **Journal Animal Science**, v.82, p.1957–1966, 2004.

SANTOS, A. L. S.; GOMES, A. V. C.; PESSÔA, M. F.; MOSTAFÁ, S.; CURVELLO. F. A. Níveis de inclusão de farinha de penas na dieta sobre o desempenho e características de carcaça de codornas para corte. **Acta Scientiarum Animal Science**, v.28, p.27-30, 2006.

SAUER, W.C., DE LANGE, C.F.M. Novel methods for determining protein and amino acid digestibilities in feedstuffs. In: **Modern methods in protein nutrition and metabolism**, London: Academic Press Inc., 1992 London, p.87-120, 1992.

SCAPIM, M.R.S; LOURES, E.G.; ROSTAGNO, H.S.; CECON, P.R.; SCAPIM, C.A. Avaliação nutricional da farinha de penas e de sangue para frangos de corte submetida a diferentes tratamentos térmicos. **Acta Scientiarum Animal Science**, v.25, n.1, p.91-98, 2003.

SCHEUERMANN, G. N.; ROSA, P. S. Farinhas de origem animal na alimentação de monogástricos: a qualidade dos produtos define seu potencial de utilização. *Boletim Pecuário*, 2007.

SORIANO-GUILLEN, L.; BARRIOS, V.; MARTOS, G.; CHOWEN, J.A.; CAMPOS-BARROS, A.; ARGENTE, J. Effect of oral glucose administration on ghrelin levels in obese children. **European Journal of Endocrinology**, v.151, p.119–21, 2004.

SOUZA, R.M. Equação de predição dos valores energéticos de alimentos para aves. Viçosa, UFV, 2009. 123p. Tese (Doutorado em Zootecnia). Universidade Federal de Viçosa, 2009.

STEIN, H.H.; FULLER, M.F.; MOUGHAN, P.J. et al. Definition of apparent, true, and standardized ileal digestibility of amino acids in pigs. **Livestock Science**, v.109, p.282–285, 2007a.

STEIN, H.H.; SÈVE, B.; FULLER, M.F. et al. Invited review: Amino acid bioavailability and digestibility in pig feed ingredients: Terminology and application. **Journal of Animal Science**, v.85, p.172–180, 2007b.

SUN, Y.; ASNICAR, M.; SMITH, R.G. Central and peripheral roles of ghrelin on glucose homeostasis. **Neuroendocrinology**, v.86, p.215–28, 2007.

TAVERNARI, F.C.; ALBINO, L.F.T.; ROSTAGNO, H.C. Métodos para determinar a digestibilidade de aminoácidos dos ingredientes: estandardizada e verdadeira. *Ergomix*, 2012.

TÜMER, C.; OFLAZOG˘LU, H.D.; OBAY, B.D, KELLE, M.; TAS, DEMIR, E. Effect of ghrelin on gastric myoelectric activity and gastric emptying in rats. **Regulatory Peptides**, v.146, p.26–32, 2007.

VALLEJO-CREMADES, M.T.; GOMEZ-GARCIA, L.; CHACATAS-CORTESAO, M.; MORENO, C.; SANCHEZ, M.; DE MIGUEL, E. et al. Enriched protein diet-modified ghrelin expression and secretion in rats. **Regulatory Peptides**, v.121, p.113–119, 2004.

VALLEJO-CREMADES, M.T; GOMEZ DE SEGURA, I.A.; GOMEZ-GARCIA, L.; PEREZ-VICENTE, J.; DE MIGUEL, E. A highprotein dietary treatment to intestinally

hypotrophic rats induces ghrelin mRNA content and serum peptide level changes. **Clinical Nutrition**, 2005.

VAN HEUGTEN, E.; VAN KEMPEN, T.A.T.G. Growth performance, carcass characteristics, nutrient digestibility and fecal odorous compounds in growing-finishing pigs fed diets containing hydrolyzed feather meal. **Journal Animal Science**, v.80, p.171–178, 2002.

WILLIAMS, P.R.V. Digestible amino acids for non-ruminant animals: theory and recent challenges. **Animal Feed Science and Technology**, v.53, p.173- 187, 1995.

WOLF, H., 1974. Studies on tryptophan metabolism in man. **Scandinavian Journal of Clinical & Laboratory Investigation**, v.136, p.1–186, 1974.

ZHAI, H.; ADEOLA, O. Apparent and standardized ileal digestibilities of amino acids for pigs fed corn- and soybean meal-based diets at varying crude protein levels. **Journal Animal Science**, v.89, p.3626-3633, 2011.

ZHANG, H.; YIN, J.; LI, D.; ZHOU, X.; LI, X. Tryptophan enhances ghrelin expression and secretion associated with increased food intake and weight gain in weanling pigs. **Domestic Animal Endocrinology**, v.33, p.47–61, 2007.

## **CAPÍTULO II**

### **Digestibilidade ileal aparente e estandardizada de proteínas e aminoácidos de ingredientes vegetais e de coprodutos da agroindústria brasileira em dietas para suínos**

O artigo foi formatado de acordo com as normas do Journal Animal Science - JAS.

**Digestibilidade ileal aparente e estandardizada de proteínas e aminoácidos de ingredientes vegetais e de coprodutos da agroindústria brasileira em dietas para suínos**

C.M.C. Pereira,\* M.I. Hannas,\* H.S. Rostagno,\* R.J.B. Rodrigueiro,† J. Htoo, \*L.F.T.

Albino,‡ G.S. Viana,\* J.D.S.Barrera¶

\*Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, 36570-000 Brasil;

†Evonik Industries, Health & Nutrition, Animal Nutrition Services, São Paulo, São Paulo, Brazil<sup>2</sup>,

‡Evonik Industries AG, Health & Nutrition, Animal Nutrition Services, Hanau-Wolfgang, Germany<sup>3</sup>,

¶University of Tolima, Tolima, Colômbia<sup>4</sup>

**RESUMO:** Para determinar os coeficientes de digestibilidade ileal aparente (CDIapPB) e estandardizado (CDIePB) da proteína e os coeficientes de digestibilidade ileal aparente (CDIapAA) e estandardizado (CDIeAA) de aminoácidos do milho (M), farelo de soja (FS), farinha de carne & ossos (FCO) e farinha de pena (FP) foi conduzido um ensaio de digestibilidade no Setor de Suinocultura, do Departamento de Zootecnia, na Universidade Federal de Viçosa, MG. Foram utilizados 15 suínos machos castrados em crescimento, peso inicial de  $37,89 \pm 3,47$  kg, com cânula T no íleo terminal, distribuídos em blocos casualizados com cinco tratamentos, dois períodos e três repetições por período, cada animal foi considerado uma repetição. Os tratamentos consistiram de uma dieta isenta de proteína (DIP) para determinação da perda endógena, DIP + M, DIP + FS, DIP + FCO e

DIP + FP. Cada período teve duração de sete dias, sendo cinco dias de adaptação dos animais à dieta e dois dias de coleta ileal. Ao término de cada período, os tratamentos foram redistribuídos para evitar que o animal recebesse a mesma dieta. Os CDIEPB do M, FS, FCO e FP foram 85,75; 82,45; 74,67 e 73,65%, respectivamente. Os CDIEAA foram em média 87,53% (lisina), 83,67% (treonina), 92,06% (metionina), 80,48% (triptofano) e 86,00% (valina) para o M. Os CDIEAA para o FS foi 90,06% (lisina), 80,65% (treonina), 91,38% (metionina), 84,02% (triptofano) e 84,27% (valina). Os CDIEAA para a FCO foram 79,55% (lisina), 75,80% (treonina), 81,94% (metionina), 70,80% (triptofano) e 78,18% (valina). Os CDIEAA para a FP foram 69,52% (lisina), 74,13% (treonina), 77,12% (metionina), 66,19% (triptofano) e 79,77% (valina). A composição química e os coeficientes de digestibilidade ileal estandardizado do M, FS, FCO e FP analisados podem ser utilizados como referência atualizada na formulação de dietas para suínos.

**PALAVRA-CHAVE:** alimento de origem animal, cânula T, digesta ileal, nutrientes.

**ABSTRACT:** A trial was carried to determine the ileal apparent and standardized digestibility coefficients of protein (CDIapPB) (CDIEPB) and amino acids (CDIapAA) (CDIEAA) of corn (C), soybean meal (SBM) meat & bone meal (MBM) and feather meal (FM). The trial was conducted in the swine farm of the Department of Animal Science, Federal University of Viçosa, MG. It was used 15 barrows initial weight of  $37.89 \pm 3.47$  kg, with T cannula in the terminal ileum, distributed in randomized blocks with five treatments, two periods with three replications per period. Experimental treatments consisted of a protein free diet (DIP) for determination of endogenous losses, DIP + C, DIP + SBM, DIP + MBM and DIP + FM. Each period lasted seven days, with five days for animal adaptation to the diet and two days for ileal collection. Time was used as criterion

for blockage and the animal was considered an experimental unit. At the end of the period, the treatments were redistributed to avoid the same animal received the same diet. Determined values of CDIapPB for the C, SBM, MBM and FM were 67.63, 71.89, 65.11 and 65.47% and CDIePB values were 85.75, 82.45, 74.67 and 73.65%, respectively. Corn CDIeAA values were 87.53% for lysine, 83.67% for threonine, 92.06% for methionine, 80.48% for tryptophan and 86.00% for valine. Soybean meal CDIeAA values were 90.06% for lysine, 80.65% for threonine, 91.38% for methionine, 84.02% for tryptophan and 84.27% for valine. Meat and bone meal CDIeAA values were 79.55% for lysine, 75.80% for threonine, 81.94% for methionine, 70.80% for tryptophan and 78.18% for valine. Feather meal CDIeAA values were 69.52% for lysine, 74.13% for threonine, 77.12% for methionine, 66.19% for tryptophan and 79.77% for valine. The ileal standardized digestibility coefficients of C SBM, MBM and FM analyzed can be used as an updated reference in formulating pig diets.

**KEYWORD:** animal food, ileal digesta, nutrients, T cannula.

## INTRODUÇÃO

As rações utilizadas no Brasil para suínos têm o milho e o farelo de soja como as principais fontes de energia e proteína, respectivamente. Dessa maneira, esses ingredientes devem ser avaliados periodicamente em relação à sua composição nutricional e a digestibilidade pelos animais. A composição química dos alimentos é influenciada por aspectos relacionados como a variedade genética, clima, armazenamento e tipo de processamento industrial do ingrediente (Souza, 2009). Já a digestibilidade dos alimentos

pode ser influenciada pela idade dos animais (Noblet et al., 2003) e presença de fatores antinutricionais (Noblet, 2006).

Embora milho e o farelo de soja seja utilizado em grandes quantidades na ração, o crescente aumento dos preços desses ingredientes dos produtos de origem vegetal tem estimulado a busca por ingredientes alternativos. Os coprodutos de frigoríficos têm sido utilizados em rações animais como fonte de proteína (Souza, 2009) e por isso é apontado como substituto do farelo de soja. No entanto, a composição nutricional destes alimentos apresenta grande variabilidade devido ao processamento que são submetidos, como temperatura e pressão e a matéria-prima (Bellaver, 2001).

Para utilizar os alimentos nas rações de suínos é preciso ter conhecimento da composição química e nutricional. O conhecimento do valor de digestibilidade ileal da proteína e dos aminoácidos possibilita a formulação de rações adequadas à exigência do animal. Além disso, ao fornecer o alimento com base nos valores de digestibilidade ileal estandardizado é possível minimizar os excessos de nutrientes nas rações, reduzir a excreção de nutrientes e conseqüentemente reduzir problemas ambientais (Williams, 1995).

Diante do exposto, esse trabalho foi conduzido para determinar os coeficientes de digestibilidade ileal aparente e estandardizada da proteína e dos aminoácidos do milho, farelo de soja, farinha de carne & ossos e farinha de penas em dietas de suínos em crescimento.

## MATERIAL E MÉTODOS

O protocolo de experimentação animal utilizado neste estudo foi analisado e aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade Federal de Viçosa (Minas Gerais, Brasil), processo nº 23/2012.

### *Animais e Manejo Experimental*

O experimento foi conduzido na Granja de Suínos do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, no período de setembro a outubro de 2012. Foram utilizados machos castrados, com peso médio de  $37,89 \pm 3,47$  kg, com cânula T no íleo terminal para determinar a digestibilidade ileal de quatro ingredientes: milho, farelo de soja, farinha de carne & ossos e farinha de penas. A implantação da cânula T simples foi realizada conforme a técnica descrita por Donkoh et al. (1994) no Centro de Cirurgia de Grandes Animais do Departamento de Medicina Veterinária da Universidade Federal de Viçosa.

Após a cirurgia, por um período de quatro dias, os animais foram medicados com injeções diárias de enrofloxacin (1,5 mL) e meloxicam (2,0 g, 0,5 ml). Vinte e quatro horas após a cirurgia, os animais foram alimentados com uma dieta inicial fornecida gradativamente (Tabela 1) até o início da fase experimental. Os suínos canulados foram observados diariamente, durante um período de 16 dias após a cirurgia, verificando comportamento, apetite, consistência das fezes e da aparência da incisão.

Os animais foram alojados, durante o período experimental em baias de concreto individual com bebedouro e comedouro semiautomático em uma sala de alvenaria com telhas de barro e janelas basculantes de vidro.

Após o período de recuperação, 15 suínos machos castrados, com cânula T no íleo terminal foram distribuídos em um delineamento em blocos casualizados, constituído por cinco tratamentos (Tabela 2) x 2 períodos (tempo), três repetições em cada período (6 repetições por tratamento) sendo cada animal considerado uma repetição. O critério utilizado na formação dos blocos foi o peso dos animais. No segundo período evitou que o mesmo animal recebesse a mesma dieta do período experimental anterior com o objetivo de excluir o efeito do animal sobre a digestibilidade do alimento. Os animais foram submetidos a um período de adaptação às dietas experimentais de cinco dias e um período de coleta de digesta ileal de 48 horas. A coleta de digesta foi realizada por 48 horas. Adotou-se descanso dos animais por um período de cinco dias entre coletas, no qual foi fornecido uma ração à base de milho e farelo de soja para atender a exigência dos animais de acordo com Rostagno et al. (2011).

#### *Dietas experimentais*

Os suínos foram alimentados duas vezes ao dia (7:00 e 17:00 horas), com base em seu peso metabólico ( $\text{kg}^{0,75}$ ), sendo a ração misturada com água numa proporção de 1:1 a fim de evitar o desperdício e facilitar o consumo das rações. Todas as rações continham 1% de cinza insolúvel em ácido (CIA) usado como fator de indigestibilidade (Sakomura & Rostagno, 2007).

A composição química das rações utilizadas no experimento está apresentada nas Tabelas 3 e 4. A dieta isenta de proteína (DIP) foi utilizada para estimar a excreção endógena ileal de proteína e aminoácidos dos suínos. Cada ingrediente avaliado M, FS, FCO e FP substituiu o amido da dieta DIP sendo a única fonte de proteína e aminoácidos nas dietas experimentais.

### *Digesta*

A coleta da digesta ileal foi realizada por meio de sacos plástico aderidos diretamente à cânula, sendo retirados após o seu enchimento, substituídos por novos sacos plásticos e imediatamente armazenados no congelador para prevenir degradação bacteriana dos aminoácidos na digesta. Ao final do ensaio experimental, as amostras foram descongeladas, homogeneizadas e liofilizadas.

Os alimentos e as amostras de digesta ileal foram posteriormente analisados para proteína bruta de acordo com Silva et al. (2002) e cinza insolúvel em ácido (CIA), de acordo com Josleyn (1970). A composição de aminoácidos da dieta e das amostras de digesta foram analisados por cromatografia líquida de alta pressão (HPLC), no Laboratório EVONIK Industries - Hanau - Alemanha.

### *Cálculos*

Para a determinação dos coeficientes de digestibilidade ileal foram utilizadas as seguintes fórmulas (Sakomura & Rostagno, 2007):

1-  $FI_1$  = Fator de indigestibilidade da dieta-teste

$$FI_1 = \frac{\% \text{ CIA dieta teste}}{\% \text{ CIA digesta teste}}$$

2- Coeficiente de digestibilidade ileal aparente da proteína bruta (CDIapPB)

$$CDIapPB (\%) = \frac{\% \text{ PB dieta} - (\% \text{ PB digesta} \times FI_1)}{\% \text{ PB dieta}} \times 100$$

3 - Coeficiente de digestibilidade ileal estandardizada da proteína bruta (CDIePBe)

$$\text{CDIePB (\%)} = \frac{\% \text{ PB dieta} - (\% \text{ PB digesta} \times \text{FI}_1) - (\% \text{ PBe digesta} \times \text{FI}_2)}{\% \text{ PB dieta}} \times 100$$

PBe = PB endógena excretada na digesta DIP

$$\text{FI}_2 = \frac{\% \text{ CIA}_{\text{dieta}}}{\text{DIP}}$$

$$\% \text{ CIA}_{\text{digesta DIP}}$$

FI<sub>2</sub> = fator de indigestibilidade da DIP

4 – Coeficiente de digestibilidade ileal aparente de aminoácido (CDIapAA)

$$\text{CDIapAA (\%)} = \frac{(\text{mg AA/ g dieta}) - (\text{mg AA/ g } E_1 \times \text{FI}_1)}{\text{mg AA / g dieta}} \times 100$$

E<sub>1</sub> = Digesta da dieta-teste

5 – Coeficiente de digestibilidade ileal estandardizado de aminoácido (CDIeAA)

$$\text{CDIeAA (\%)} = \frac{(\text{mg AA/ g dieta}) - (\text{mg AA/ g } E_1 \times \text{FI}_1 - \text{mg AA/ g } E_2 \times \text{FI}_2)}{\text{mg AA / g dieta}} \times 100$$

E<sub>2</sub> = digesta da DIP

FI<sub>2</sub> = Fator de indigestibilidade da DIP

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### *Composição dos alimentos*

Os valores de proteína e aminoácidos do M determinados neste estudo (Tabela 5) foram maiores aqueles descritos por Rostagno et al. (2011) e Almeida et al. (2011) para

todos os aminoácidos essenciais, com exceção dos valores de metionina que foi semelhante. De forma similar, os resultados obtidos neste estudo foram maiores para os valores de proteína e aminoácidos que os obtidos por Carvalho (2013) exceto para metionina + cistina e histidina que foram semelhantes.

Os teores de proteína e aminoácidos do FS encontrado neste estudo foram maiores aos descritos por Rostagno et al. (2011) (Tabela 5). Os valores obtidos neste estudo foram maiores para proteína, treonina, leucina e isoleucina em relação aos encontrados por Cervantes-Pahn & Stein (2010) quando avaliaram a composição do FS. Contudo os valores para os aminoácidos lisina, metionina, triptofano e valina encontrado no presente trabalho foram menores aos obtidos pelos mesmos autores.

Os valores da proteína e aminoácidos do M e FS neste presente estudo foram menores aos citados no AMINODat<sup>@</sup>, exceto para lisina e triptofano que foram semelhantes no M e a proteína bruta que foi superior no FS. Em decorrência das diferentes regiões de cultivo e de condições de armazenamento, os grãos apresentam variabilidade em sua composição nutricional (Souza, 2009), o que justifica pesquisas e análises periódica dos ingredientes e rações.

Alimentos de origem animal apresentam como principal característica a variabilidade em sua composição nutricional em função do tipo de processamento utilizado na sua fabricação, como temperatura e pressão (Bellaver, 2001). Neste sentido, é imprescindível a avaliação de cada lote de farinha de origem animal para garantir que os nutrientes fornecidos na ração estejam adequados a exigência do animal.

A quantidade de proteína e aminoácidos essenciais das farinhas de origem animal foram maiores aos determinados por Rostagno et al. (2011) sendo encontrado o valor de lisina 16 e 24% maiores, respectivamente para FCO e FP (Tabela 5). Os valores de proteína

e aminoácidos essenciais na FCO e FP deste estudo foram maiores ao relatado no AMINODat<sup>®</sup>, com exceção a lisina e histidina da FP que foi inferior e o triptofano da FP que foi semelhante.

#### *Perdas endógenas de proteína e aminoácidos*

A DIP, utilizada em experimentos de digestibilidade deve ser formulada para não conter nenhum ingrediente proteico de forma que todo aminoácido presente na digesta ileal é referente à perda endógena basal (Papadopoulos,1985). Aminoácidos endógenos são derivados de proteínas sintetizadas endogenamente e AA que são secretados no lúmen intestinal e não são digeridos e reabsorvidos antes do íleo terminal (Stein et al., 2007). Em média, as perdas de aminoácidos endógenas determinadas neste estudo com suínos alimentados com a DIP foram maiores aos relatados por Costa et al. (2008) e Zhai & Aldeola (2011).

Costa et al. (2008) ao conduzirem um estudo para determinar a perda endógena de aminoácidos usando a DIP encontraram valores de: 0,27 mg/g de lisina, 0,24 mg/g de treonina, 0,13 mg/g de metionina, 0,07 mg/g de triptofano e 0,38 mg/g de valina. Com exceção da metionina cuja valor de perda endógena foi semelhante entre os estudos, todas os demais aminoácidos apresentaram maior perda endógena dos aminoácidos quando comparados ao estudo de Costa et al. (2008). No presente estudo os valores de perda endógena foram: 0,35 mg/g de lisina, 0,63 mg/g de treonina, 0,18 mg/g de triptofano e 0,56 mg/g de valina (Tabela 6). Tal efeito pode estar associado a maior inclusão de fibra (4% de espiga de milho) na DIP e DIP + ingredientes em relação ao estudo de Costa et al. (2008) que adicionaram 3% (celulose purificada). A espiga de milho ou celulose purificada é

adicionada às dietas como fonte de fibra, buscando manter a saciedade dos animais que estavam em restrição alimentar.

Os valores dos aminoácidos treonina, ácido aspártico, ácido glutâmico, leucina e glicina na perda endógena foram elevados neste estudo, semelhantes a Costa et al. (2008). Isso provavelmente aconteceu porque a treonina está presente em grandes concentrações no muco intestinal (Grala et al., 1998), os aminoácidos ácido aspártico, glutâmico e leucina estão presentes em grande concentrações no suco pancreático de suínos (Pohland et al., 1993) e a glicina compõem os aminoácidos da bile (Huang et al., 1999).

#### *Digestibilidade Ileal Aparente*

Os coeficientes de digestibilidade aparente estimam a quantidade do nutriente absorvido através da diferença entre os nutrientes excretados e consumidos sem considerar as perdas endógenas de aminoácidos. Dessa forma, considera-se que todo o nitrogênio eliminado nas fezes tem origem do alimento. Por isso, os valores obtidos de CDIapPB e CDIapAA são menores aos de CDIEPB e CDIEAA. A utilização dos valores de CDIap subestimam a digestibilidade da proteína e aminoácidos.

Os CDIapPB determinados para o M, FS, FCO e FP neste trabalho foram de 67,63; 71,89; 65,11 e 65,47%, respectivamente (Tabela 7). O valor de CDIapPB foi superior ao determinado por Almeida et al. (2011) que avaliando o M encontraram valor de 59%. Comportamento similar foi observado para os valores de CDIap dos aminoácidos que com exceção do triptofano (49,1% versus 64,9%) foram maiores aos determinados por Almeida et al. (2011). O CDIap da proteína e dos aminoácidos do FS obtidos foram maiores aos encontrados por Cervantes-Pahm & Stein (2010), exceto para triptofano que foi inferior (74,95 versus 82,2%). A discrepância entre os valores encontrados neste trabalho e a

literatura podem ser relacionados a variação no consumo de ração inerente a cada experimento, visto que o CDIap aumenta a medida que o consumo de ração é reduzido (Moter & Stein, 2004).

#### *Digestibilidade Ileal Estandarizada*

O coeficiente de digestibilidade estandarizada é obtido com a correção da perda endógena no cálculo do coeficiente de digestibilidade aparente, portanto, seus valores são maiores que o do coeficiente de digestibilidade aparente.

O CDIEPB do M, FS, FCO e FP neste estudo foram 85,75; 82,45; 74,67 e 73,65%, respectivamente (Tabela 8). Os valores de CDIEPB do M, FS, FCO e FP encontrado nesta pesquisa foram menores aos descritos por Rostagno et al. (2011) para FS (90%) e FCO (79%), superior para FP (67%) e semelhante para o M (85%). Em comparação ao NRC (2012), os valores obtidos de CDIEPB do M, FCO e FP neste estudo foram maiores para M (80%), FCO (72%) e FP (68%) e inferior para o FS (89%). Eklund et al. (2012) em estudo de digestibilidade com animais com cânula T e utilizando dieta com caseína hidrolisada para determinar a perda endógena encontraram o CDIEPB do FS de 87%, sendo o valor do presente estudo inferior a este (82,54%). Tal fato pode ser explicado pela diferença existente entre a perda endógena determinada com a DIP e dieta com caseína hidrolisada. De acordo com Costa et al. (2008), o consumo de proteína com alta digestibilidade como a caseína mesmo tendo a digestibilidade de 100% tende a aumentar a proteína no fluido ileal.

Os CDIE médio dos cinco principais aminoácidos essenciais e limitantes (Lis, Thr, M + C, Trp e Val) para suínos quando comparados aos apresentados por Rostagno et al. (2011) foram menores para FS (85,1% vs 89,3%), FCO (76,02% vs 78,5%) e FP (72,2% vs

77,8%) e superior para o milho (85,45% vs 83,3%). Como esperado, os CDIE dos aminoácidos da FCO e FP foram menores aos respectivos valores obtidos para M e FS.

Os CDIEAA do M foram em média 87,53% (lisina), 83,67% (treonina), 89,59% (metionina + cistina), 80,48% (triptofano) e 86,00% (valina) (Tabela 8). Os valores obtidos para lisina, treonina e metionina + cistina foram maiores aos relatados por Rostagno et al. (2011), sendo respectivamente, 79,8%; 81,4% e 87,7%. Por outro lado, os valores obtidos para triptofano e valina foram semelhantes aos descritos por Rostagno et al. (2011). Em relação ao NRC (2012), os valores dos CDIEAA determinados neste estudo foram maiores para os aminoácidos lisina, treonina e valina (74%, 77% e 82% respectivamente). Entretanto, para triptofano o CDIE observados foram semelhantes. Em comparação ao AMINODat<sup>®</sup>, os valores de aminoácidos essenciais lisina, treonina, metionina e triptofano observados foram maiores, exceto para valina cujo o valor foi semelhante. Os valores de CDIE no AMINODat<sup>®</sup> para lisina, treonina, metionina e triptofano foram, respectivamente, 76, 80, 87 e 76%.

Os CDIEAA para o FS foram 90,06% (lisina), 80,65% (treonina), 86,66% (metionina + cistina), 84,02% (triptofano) e 84,27% (valina) (Tabela 8). Os valores para os aminoácidos lisina, treonina, metionina + cistina, triptofano e valina foram menores aos descritos por Rostagno et al. (2011), de 91,2%; 87,2%, 90,2%, 89% e 88,8%, respectivamente. Em relação ao NRC (2012), os valores dos CDIEAA para os aminoácidos treonina, triptofano e valina também foram menores entretanto, para lisina o CDIEAA são semelhantes. Os valores dos CDIE aminoácidos treonina, triptofano e valina no FS no NRC (2012) foram 84%, 89% e 88%, respectivamente Quando comparados a referência do AMINODat<sup>®</sup> os valores de CDIE dos aminoácidos essenciais obtidos foram menores, exceto para lisina e metionina + cistina que foram maiores.

O valor de CDIE da lisina (90,06%) do FS obtido neste trabalho foi superior ao observado por Eklund et al. (2012) que encontraram valor de CDIE de (88%), entretanto no presente estudo foi encontrado valores menores para os aminoácidos treonina (85%) e valina (88%). Em comparação ao trabalho de Cervantes-Pahm & Stein (2010) os CDIE da proteína e aminoácidos do FS foram valores menores para proteína e triptofano e maiores para lisina, metionina e treonina.

Os CDIEAA para o FCO foram 79,55% (lisina), 75,80% (treonina), 75,75% (metionina + cistina), 70,80% (triptofano) e 78,18% (valina) (Tabela 8). Os valores para os CDIE dos aminoácidos são menores aqueles referenciados em Rostagno et al. (2011) para treonina (78,3%), metionina + cistina (77,4%), triptofano (79,6%) e valina (79,2%), porém para lisina o valor obtido foi de 78,2%, superior ao determinado por tais autores. Os valores dos CDIEAA são maiores aos citados no NRC (2012) para os aminoácidos lisina, treonina, triptofano e valina, 73%, 69%, 62%, 76%, respectivamente. Os valores de CDIEAA deste estudo são menores aos contidos no AMINODat<sup>®</sup>, exceto para lisina superior (77%). A variação na composição e digestibilidade nutricional da FCO são resultantes da diferença entre a qualidade da matéria-prima que compõem as farinhas e método de processamento utilizado.

Os CDIEAA da FP foram 69,52% (lisina), 74,13% (treonina), 71,36% (metionina + cistina), 66,19% (triptofano) e 79,77% (valina) (Tabela 8). Os valores dos CDIE dos aminoácidos são menores ao descrito por Rostagno et al. (2011) para os aminoácidos, lisina (75,2%), treonina (83,6%), metionina + cistina (78,9%), triptofano (67,8%) e valina (84%). Verificou-se maiores valores dos CDIE para os aminoácidos lisina, treonina, triptofano e valina (56%, 71%, 63%, 75% respectivamente) quando comparados ao NRC (2012). No AMINODat<sup>®</sup> os valores de CDIE dos aminoácidos essenciais lisina, treonina, metionina e

triptofano foram respectivamente 49, 69, 58 e 56%. Valores de CDIE obtidos neste trabalho foram menores aos descritos no AMINODat<sup>®</sup>. A diferença dos valores pode ter sido provocada pelo processamento ao qual a farinha de origem animal foi submetido. Segundo Moritz & Latshaw (2001) a qualidade e digestibilidade da farinha de penas podem ser afetadas pelas condições de processamento, tais como pressão de vapor e tempo de hidrólise.

O conteúdo de aminoácido total e estandardizado de aminoácidos dos ingredientes avaliados é apresentado na Tabela 9.

No presente estudo, a composição química dos alimentos e os coeficientes de digestibilidade ileal estandardizado do M, FS, FCO e FP analisados podem ser utilizados como referência atualizada na formulação de dietas para suínos. No entanto, periodicamente pesquisas devem ser desenvolvidas para avaliar a composição química e os coeficientes de digestibilidade ileal estandardizado dos alimentos visto que ocorre alterações contínuas.

A formulação de rações com os valores de aminoácidos digestíveis possibilita fornecer um alimento de maior qualidade, adequando o valor do fornecido ao exigido. Assim, os valores de CDIE para proteína, aminoácidos essenciais e não essenciais determinados neste estudo foram em média, respectivamente, 85,75%, 88,05% e 89,02% do M, 82,45%, 86,85% e 84,91% do FS, 74,67, 78,21% e 75,90% da FCO e 73,65%, 75,76% e 75,71% da FP.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almeida, F. N., G. I. Petersen, H. H., Stein. 2011. Digestibility of amino acids in corn, corn coproducts, and bakery meal fed to growing pigs. *J. Anim. Sci.* 89: 4109-4115.

AMINODat<sup>®</sup>. 2010. Amino acid composition of feedstuffs. Evonik Degussa GmbH.

Bellaver, C. Processamento e cuidados com produtos de origem animal: higiene e profilaxia. Simpósio sobre Manejo e Nutrição de Aves e Suínos e Tecnologia da Produção de Rações. Campinas-SP. 28 a 30 de novembro 2001.

Carvalho, T. A. 2013. Energia metabolizável e aminoácidos digestíveis de alimentos para suínos. Viçosa, UFV, 2013. 123p. Tese (Doutorado em Zootecnia). Universidade Federal de Viçosa.

Cervantes-Pahm, S. K., H. H. Stein. 2010. Ileal digestibility of amino acids in conventional, fermented, and enzyme-treated soybean meal and in soy protein isolate, fish meal, and casein fed to weanling pigs. *J. Anim. Sci.* 88:2674-2683.

Costa, L. F., D. C. Lopes, L. S. Freitas, M. I. Hannas, J. M. R. Pupa, A. Corassa. 2008. Determinação das perdas endógenas e da digestibilidade ileal da proteína e dos aminoácidos em suínos utilizando-se duas técnicas. *R. Bras. Zootec.* 37: 1243-1250.

Donkoh, A.; P. J. Moughan, W. C. Smith. 1994. Comparison of the slaughter method

and simple T piece cannulation of the terminal ileum for determining ileal amino acid digestibility in meat and bone meal for the growing pig. *Anim. Feed Sci. Technol.* 49: 43-56.

Eklund, M., R. Caine, W.C. Sauer, G.S. Huang, G. Diebold, M. Schollenberger, R. Mosenthin. 2012. True and standardized ileal digestibilities and specific ileal endogenous recoveries of crude protein and amino acid in soybean meal, rapeseed meal and peas fed to growing pigs. *Livest. Sci.* 145: 174–182.

Fernández, J. A., J. N. Jorgensen. 1986. Digestibility and absorption of nutrients as affected by fibre content in the diet of the pig. Quantitative aspects. *Livest. Sci.* 15:53-71.

Grala, W., M. W. A, Verstegen, A. J. M., Jansman, J. Huisman, P. van Leeusen. 1998 Ileal apparent protein and amino acid digestibilities and endogenous nitrogen losses in pigs fed soybean a rapeseed products. *J. Anim. Sci.* 76: 557-568.

Huang, S. X., W. C. Sauer, B. Marty, R. T. Hardin. 1999. Amino acid digestibilities in different samples of wheat shorts for growing pigs. *J. Anim. Sci.* 77: 2469-2477.

Joslyn, M. A. 1970. *Methods in food analysis (physical, chemical and instrumental methods of analysis)*. Nova Iorque e Londres: Academic Press.

Moritz, J. S., J. D. Latshaw. 2001. Indicators of Nutritional Value of Hydrolyzed Feather Meal. *Poult. Sci.* 80:79–86.

Moter, V., H. H. Stein. 2004. Effect of feed intake on endogenous losses and amino acid and energy digestibility by growing pigs. *J. Anim. Sci.* 82:3518–3525.

Noblet, J. 2006. Energy Evaluation of Feeds for Pigs: Consequences on Diet Formulation and Environment Protection. *Lohmann Informtion.* 41:38-50.

Noblet, J., V. Bontems, G. Tran. 2003 Estimation de la valeur énergétique des aliments pour le porc. *INRA Productions Animales.*16:197-210.

NRC - Nutrients requirements of swine. 11ed. 2012. National Academic Press, Washington, DC., 400p.

Papadopoulos, M. C. 1985. Estimations of amino acid digestibility and availability in feedstuffs for poultry. *World Poultry Sci.* 41: 64-71.

Pöhland, U., W. C., Souffrant, W. C. Sauer, R. Mosenthin, , C. F. M. De Lange.. 1993. Effect of feeding different diets on the exocrine pancreatic secretion of nitrogen; amino acids and enzymes in growing pigs. *J. Sci. Food Agric.* 62: 229-237.

Rostagno, H. S., L. F. T. Albino, J. L. Donzele, P. C. Gomes, R. F. M. Oliveira, D. C. Lopes, A. F. Soares, S. L. T. Barreto. 2011. Brazilian Tables for Poultry and Swine:

Composition of Feedstuffs and Nutritional Requirements. 3rd ed. Univ. Federal de Viçosa. Viçosa. Minas Gerais. Brazil.

Sakomura, N. K.; H. S. Rostagno. 2007. Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos. Jaboticabal: FUNEP, 283p.

Stein, H. H., M. F. Fuller, P. J. Moughan, B. Sève, R. Mosenthin, A. J. M. Jansman, J. A. Fernández, C. F. M. de Lange. 2007. Definition of apparent, true, and standardized ileal digestibility of amino acids in pigs. *Livest. Sci.* 109: 282–285.

Silva, D. J. 1998. Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

Souza, R. M. 2009. Equação de predição dos valores energéticos de alimentos para aves. Viçosa, UFV, 2009. 123p. Tese (Doutorado em Zootecnia). Universidade Federal de Viçosa.

Zhai, H., O. Adeola. 2011. Apparent and standardized ileal digestibilities of amino acids for pigs fed corn- and soybean meal-based diets at varying crude protein levels. *J Anim Sci.* 89:3626-3633.

Williams, P. R. V. 1995. Digestible amino acids for non-ruminant animals: theory and recent challenges. *Anim. Feed Sci. Technol.* 53:173- 187.

**Tabela 1** - Composição da dieta inicial

<b>INGREDIENTES</b>	<b>%</b>
Milho	70,770
Farelo de soja	22,600
Óleo de soja	1,400
Açúcar	2,000
Fosfato bicálcico	1,123
Calcário	0,540
Sal	0,540
L-Lisina HCl	0,435
DL-Metionina	0,105
L-Treonina	0,100
L-Triptofano	0,015
Suplemento mineral <sup>1</sup>	0,100
Suplemento vitamínico <sup>2</sup>	0,210
Antibiótico <sup>3</sup>	0,060
<b>Total</b>	<b>100,000</b>

<sup>1</sup> Fornecido por kg de ração: Ferro - 64 mg; Zinco - 80 mg; Cobre - 9,6 mg; Manganês - 32 mg; Iodo - 0,8 mg; Selênio - 0,29 mg;

<sup>2</sup> Fornecido por kg de ração: Vit A - 5.500 UI; Vit. D3 - 1.200 UI; Vit. E - 32 UI; Vit. k3 - 2,4 mg; Vit B1 - 0,8 mg; Vit B2 - 2,0 mg; Vit B6 - 1,6 mg; Vit. B12 - 0,016 mg; Ácido fólico - 0,24 mg; Biotina - 0,08 mg; Ácido pantotênico - 12 mg; Ácido nicotínico - 24 mg; Colina - 500; Butil-hidroxitolueno - 0,1 g.

<sup>3</sup>Amoxicilina;

**Tabela 2** - Tratamentos experimentais

---

Tratamento 01	Dieta isenta de proteína (DIP)
Tratamento 02	DIP + Milho (DIP + M)
Tratamento 03	DIP + Farelo de soja (DIP + FS)
Tratamento 04	DIP + Farinha de carne & ossos (DIP + FCO)
Tratamento 05	DIP + Farinha de pena (DIP + FP)

---

**Tabela 3** - Composição centesimal das dietas experimentais (% na matéria natural).

<b>INGREDIENTES</b>	<b>DIP<sup>1</sup> %</b>	<b>M<sup>1</sup> %</b>	<b>FS<sup>1</sup> %</b>	<b>FCO<sup>1</sup> %</b>	<b>FP<sup>1</sup> %</b>
Amido	81,580	0,160	53,020	54,750	64,610
<b>Milho</b>	<b>0,000</b>	<b>85,610</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>
<b>Farelo de soja</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>28,890</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>
<b>Farinha de carne &amp; ossos</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>29,550</b>	<b>0,000</b>
<b>Farinha de Pena</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>17,360</b>
Açúcar	8,000	4,000	8,000	8,000	8,000
Óleo de soja	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
Sabugo de milho	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000
Fosfato bicálcico	1,960	1,670	1,600	0,000	1,360
Calcário	0,760	0,860	0,790	0,000	0,970
Sal	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400
Suplemento mineral <sup>2</sup>	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150
Suplemento Vitamínico <sup>3</sup>	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150
Celite (CIA)	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
<b>Total</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>

<sup>1</sup>DIP: dieta isenta de proteína; M: dieta isenta de proteína + milho; FS: dieta isenta de proteína+ + farelo de soja; FCO: dieta isenta de proteína+ farinha de carne & ossos; FP: dieta isenta de proteína + farinha de penas;

<sup>2</sup> Fornecido por kg de ração: Ferro - 64 mg; Zinco - 80 mg; Cobre - 9,6 mg; Manganês - 32 mg; Iodo - 0,8 mg; Selênio - 0,29 mg;

<sup>3</sup> Fornecido por kg de ração: Vit A - 5.500 UI; Vit. D3 - 1.200 UI; Vit. E - 32 UI; Vit. k3 - 2,4 mg; Vit B1 - 0,8 mg; Vit B2 - 2,0 mg; Vit B6 - 1,6 mg; Vit. B12 - 0,016 mg; Ácido fólico - 0,24 mg; Biotina - 0,08 mg; Ácido pantotênico - 12 mg; Ácido nicotínico - 24 mg; Colina - 500; Butil-hidroxitolueno - 0,1 g.

**Tabela 4** - Composição analisada das dietas experimentais (% na matéria natural) <sup>1, 2</sup>

<b>NUTRIENTES</b>	<b>M<sup>1</sup> %</b>	<b>FS<sup>1</sup> %</b>	<b>FCO<sup>1</sup> %</b>	<b>FP<sup>1</sup> %</b>
Proteína	6,780	12,480	13,740	15,080
Lisina	0,208	0,742	0,659	0,426
Treonina	0,240	0,486	0,393	0,704
Metionina	0,120	0,162	0,173	0,117
Cistina	0,148	0,179	0,094	0,812
Metionina + Cistina	0,272	0,341	0,267	0,929
Triptofano	0,051	0,178	0,076	0,123
Valina	0,323	0,587	0,509	1,065
Isoleucina	0,226	0,559	0,328	0,716
Leucina	0,816	0,942	0,728	1,260
Arginina	0,323	0,883	0,916	1,015
Fenilalanina	0,328	0,630	0,415	0,749
Histidina	0,203	0,319	0,223	0,194
Alanina	0,498	0,545	1,022	0,738
Ác. Aspártico	0,452	1,407	0,936	1,043
Ác. Glutâmico	1,199	2,164	1,474	1,593
Glicina	0,268	0,538	1,961	1,147
Serina	0,323	0,629	0,494	1,608
Gli + Ser	0,590	1,167	2,455	2,755

<sup>1</sup>M: dieta isenta de proteína + milho; FS: dieta isenta de proteína + farelo de soja; FCO: dieta isenta de proteína + farinha de carne & ossos; FP: dieta isenta de proteína + farinha de penas;

<sup>2</sup>AminoLab, Evonik Industries - Hanau - Alemanha.

**Tabela 5** - Composição analisada dos ingredientes da ração (% na matéria natural)<sup>1</sup>

<b>AMINOÁCIDOS</b>	<b>M</b>	<b>FS</b>	<b>FCO</b>	<b>FP</b>
MS	88,59	88,77	94,50	94,80
Proteína	7,920	45,730	48,490	85,690
Total de AA	7,580	43,200	41,970	84,190
Lisina	0,240	2,680	2,360	2,370
Treonina	0,280	1,770	1,410	3,960
Metionina	0,140	0,600	0,630	0,660
Cistina	0,170	0,650	0,330	4,630
Metionina + Cistina	0,320	1,250	0,960	5,290
Triptofano	0,060	0,610	0,280	0,670
Valina	0,370	2,160	1,820	6,110
Isoleucina	0,260	2,070	1,170	4,040
Leucina	0,960	3,440	2,590	7,090
Arginina	0,370	3,240	3,320	5,760
Fenilalanina	0,380	2,320	1,490	4,190
Histidina	0,240	1,170	0,800	1,080
Alanina	0,580	1,970	3,670	4,130
Ác. Aspártico	0,530	5,140	3,360	5,790
Ác. Glutâmico,	1,400	7,920	5,270	8,910
Glicina	0,310	1,960	7,080	6,470
Serina	0,380	2,310	1,750	9,020
Glicina + Serina	0,690	4,270	8,830	15,490

<sup>1</sup>M: Milho, FS: farelo de soja; FCO: farinha de carne & ossos; FP: Farinha de pena

AminoLab, Evonik Industries - Hanau - Alemanha.

**Tabela 6** - Valores médios de proteínas e aminoácidos ileal endógenos excretados na DIP  
(mg/g de matéria seca consumida)

<b>Aminoácidos</b>	<b>DIP</b>
Proteína	13,779 ± 4,92
Total de AA	9,613 ± 3,31
Lisina	0,354 ± 0,12
Treonina	0,628 ± 0,22
Metionina	0,130 ± 0,05
Cistina	0,260 ± 0,10
Metionina + Cistina	0,390 ± 0,14
Triptofano	0,179 ± 0,06
Valina	0,561 ± 0,21
Isoleucina	0,410 ± 0,16
Leucina	0,720 ± 0,27
Arginina	0,392 ± 0,14
Fenilalanina	0,561 ± 0,27
Histidina	0,192 ± 0,07
Alanina	0,653 ± 0,23
Ác. Aspártico	0,931 ± 0,33
Ác. Glutâmico	1,135 ± 0,39
Glicina	0,955 ± 0,25
Serina	0,568 ± 0,21
Glicina + Serina	1,523 ± 0,44

DIP: dieta isenta de proteína

**Tabela 7** - Coeficientes de digestibilidade ileal aparente (%) de proteína e aminoácidos dos ingredientes determinados com suínos em crescimento.

NUTRIENTES	COEFICIENTES DE DIGESTIBILIDADE ILEAL			
	APARENTE (%)			
	M	FS	FCO	FP
Proteína	67,63	71,89	65,11	65,47
Total AA	75,36	78,05	67,68	71,28
Lisina	72,37	85,77	74,65	62,07
Treonina	60,35	69,02	61,21	66,03
Metionina	82,41	82,40	75,08	67,04
Cistina	71,62	69,30	39,06	67,62
Metionina + Cistina	76,80	76,36	62,40	67,55
Triptofano	49,13	74,95	49,24	52,96
Valina	72,56	75,67	68,11	74,99
Isoleucina	71,90	79,94	66,78	76,71
Leucina	83,51	79,28	68,86	72,36
Arginina	80,91	89,49	78,53	81,83
Fenilalanina	76,95	79,13	67,44	75,49
Histidina	82,64	85,99	73,89	64,35
Alanina	77,37	68,90	71,88	65,92
Ác. Aspártico	69,99	79,65	57,17	52,04
Ác. Glutâmico	82,06	84,58	70,27	67,57

Glicina	54,42	60,38	72,42	72,36
Serina	72,58	76,89	64,30	77,65
Glicina+ Serina	67,40	69,28	70,78	75,45

---

M: milho, FS: farelo de soja, FCO: farinha de carne & ossos, FP: farinha de pena

**Tabela 8** - Coeficientes de digestibilidade ileal estandardizado (%) de proteína e aminoácidos dos ingredientes de alimentos determinados com suínos em crescimento,

NUTRIENTES	COEFICIENTES DE DIGESTIBILIDADE ILEAL ESTANDARDIZADO (%)			
	M	FS	FCO	FP
Proteína	85,75	82,45	74,67	73,65
Total AA	88,53	85,81	75,65	76,98
Lisina	87,53	90,06	79,55	69,52
Treonina	83,67	80,65	75,80	74,13
Metionina	92,06	91,38	81,94	77,12
Cistina	87,30	82,39	64,36	70,53
Metionina + Cistina	89,59	86,66	75,75	71,36
Triptofano	80,48	84,02	70,80	66,19
Valina	86,00	84,27	78,18	79,77
Isoleucina	88,07	86,54	78,20	81,91
Leucina	91,38	86,16	77,89	77,55
Arginina	91,74	93,48	82,44	85,33
Fenilalanina	92,20	87,14	79,79	82,29
Histidina	91,07	91,40	81,76	73,33
Alanina	89,06	79,69	77,72	73,96
Ác. Aspártico	88,36	85,61	66,26	60,15
Ác. Glutâmico	90,50	89,31	77,31	74,04
Glicina	86,18	76,36	76,87	79,92

Serina	88,25	85,01	74,81	80,86
Glicina + Serina	88,01	81,02	76,45	80,47

---

M: milho, FS: farelo de soja, FCO: farinha de carne & ossos, FP: farinha de pena

**Tabela 9** - Conteúdo de aminoácidos total e estandardizado dos ingredientes avaliados expressos em % de matéria natural (MN) e % em relação à matéria seca (MS),

<b>INGREDIENTES</b>	<b>M</b>		<b>FS</b>		<b>FCO</b>		<b>FP</b>	
<b>AMINOÁCIDO TOTAL</b>								
<b>NUTRIENTES</b>	<b>MN %</b>	<b>MS %</b>	<b>MN %</b>	<b>MS %</b>	<b>MN %</b>	<b>MS %</b>	<b>MN %</b>	<b>MS %</b>
MS	88,59	100	88,77	100	94,50	100	94,80	100
Proteína	7,920	8,940	45,730	51,520	48,490	51,310	85,690	90,390
Total de AA	7,580	8,566	43,200	48,665	41,970	44,413	84,190	88,808
Lisina	0,240	0,271	2,680	3,019	2,360	2,497	2,370	2,500
Treonina	0,280	0,316	1,770	1,994	1,410	1,492	3,960	4,177
Metionina	0,140	0,158	0,600	0,676	0,630	0,667	0,660	0,696
Cistina	0,170	0,192	0,650	0,732	0,330	0,349	4,630	4,884
Met + Cis	0,320	0,361	1,250	1,408	0,960	1,016	5,290	5,580
Triptofano	0,060	0,068	0,610	0,687	0,280	0,296	0,670	0,707
Valina	0,370	0,418	2,160	2,433	1,820	1,926	6,110	6,445
Isoleucina	0,260	0,293	2,070	2,332	1,170	1,238	4,040	4,262
Leucina	0,960	1,084	3,440	3,875	2,590	2,741	7,090	7,479
Arginina	0,370	0,418	3,240	3,650	3,320	3,513	5,760	6,076
Fenilalanina	0,380	0,429	2,320	2,613	1,490	1,577	4,190	4,420
Histidina	0,240	0,271	1,170	1,318	0,800	0,847	1,080	1,139
Alanina	0,580	0,655	1,970	2,219	3,670	3,884	4,130	4,357
Ác. Aspártico	0,530	0,598	5,140	5,790	3,360	3,556	5,790	6,108
Ác. Glutâmico	1,400	1,580	7,920	8,922	5,270	5,577	8,910	9,399

Glicina	0,310	0,350	1,960	2,208	7,080	7,492	6,470	6,825
Serina	0,380	0,429	2,310	2,602	1,750	1,852	9,020	9,515
Glicina + Serina	0,690	0,779	4,270	4,810	8,830	9,344	15,490	16,340

---

**DIGESTIBILIDADE ILEAL ESTANDARDIZADA**

---

	<b>Valor</b>	<b>Coef</b>	<b>Valor</b>	<b>Coef</b>	<b>Valor</b>	<b>Coef</b>	<b>Valor</b>	<b>Coef</b>
Proteína	6,791	85,75	37,704	82,45	36,207	74,67	63,111	73,65
Total de AA	6,711	88,53	37,070	85,81	31,750	75,65	64,809	76,98
Lisina	0,210	87,53	2,414	90,06	1,877	79,55	1,648	69,52
Treonina	0,234	83,67	1,428	80,65	1,069	75,80	2,935	74,13
Metionina	0,129	92,06	0,548	91,38	0,516	81,94	0,509	77,12
Cistina	0,148	87,30	0,536	82,39	0,212	64,36	3,266	70,53
Met + Cis	0,287	89,59	1,083	86,66	0,727	75,75	3,775	71,36
Triptofano	0,048	80,48	0,513	84,02	0,198	70,80	0,443	66,19
Valina	0,318	86,00	1,820	84,27	1,423	78,18	4,874	79,77
Isoleucina	0,229	88,07	1,791	86,54	0,915	78,20	3,309	81,91
Leucina	0,877	91,38	2,964	86,16	2,017	77,89	5,498	77,55
Arginina	0,339	91,74	3,029	93,48	2,737	82,44	4,915	85,33
Fenilalanina	0,350	92,20	2,022	87,14	1,189	79,79	3,448	82,29
Histidina	0,219	91,07	1,069	91,40	0,654	81,76	0,792	73,33
Alanina	0,517	89,06	1,570	79,69	2,852	77,72	3,054	73,96
Ác. Aspártico	0,468	88,36	4,400	85,61	2,226	66,26	3,482	60,15
Ác. Glutâmico	1,267	90,50	7,073	89,31	4,074	77,31	6,597	74,04
Glicina	0,267	86,18	1,497	76,36	5,442	76,87	5,171	79,92

Serina	0,335	88,25	1,964	85,01	1,309	74,81	7,293	80,86
Glicina + Serina	0,607	88,01	3,460	81,02	6,751	76,45	12,464	80,47

---

M: milho, FS: farelo de soja, FCO: farinha de carne & ossos, FP: farinha de pena

## **CAPÍTULO III**

### **Uso de coprodutos da agroindústria com duas relações triptofano: lisina digestível em dietas para suínos**

O artigo foi formatado de acordo com as normas do Journal Animal Science - JAS.

## **Uso de coprodutos da agroindústria com duas relações triptofano: lisina digestível em dietas para suínos**

C.M.C. Pereira,\* M.I. Hannas,\* H.S. Rostagno,\* R.J.B. Rodrigueiro,† J. Htoo, \*L.F.T.

Albino,‡ G.S. Viana,\* J.D.S.Barrera¶

\*Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, 36570 Brasil;

†Evonik Industries, Health & Nutrition, Animal Nutrition Services, São Paulo, São Paulo, Brazil<sup>2</sup>,

‡Evonik Industries AG, Health & Nutrition, Animal Nutrition Services, Hanau-Wolfgang, Germany<sup>3</sup>,

¶Universidade de Tolima, Tolima, Colômbia<sup>4</sup>

**RESUMO:** Foi avaliado o uso de coprodutos da agroindústria com duas relações triptofano digestível: lisina digestível (Trp: Lys) em dietas para suínos na fase de 15 a 25 kg de peso vivo (inicial), 30 a 65 kg de peso vivo (crescimento) e 70 a 95 kg de peso vivo (terminação). Para tanto, foram utilizados em cada experimento 96 suínos machos castrados, híbridos comerciais, da genética PIC x PIC distribuídos em delineamento em bloco casualizado num arranjo fatorial 2 x 2, duas fontes de proteína (farelo de soja x farinha de carne & ossos e farinha de pena) x duas relações Trp: Lys (18 e 21%) com 12 repetições de dois animais para cada repetição. Os parâmetros de desempenho analisados foram o peso final (PF), o consumo de ração diário (CRD), o ganho de peso diário (GPD) e a eficiência alimentar (EA). Nas três fases de criação, não houve interação ( $P > 0,05$ ) entre as relações Trp: Lys com as dietas. As relações Trp: Lys e as dietas avaliadas neste

experimento não influenciaram ( $P > 0,05$ ) no desempenho dos suínos de 15 a 25 kg de peso vivo. Na fase de 30 a 65 kg de peso vivo, a dieta de farelo de soja (FS) aumentou ( $P < 0,03$ ) o CRD. Nesta fase também foi observado que a relação Trp: Lys de 21% melhorou o PF, o GPD e a EA. Na fase de 70 a 100 kg de peso vivo, as dietas não influenciaram ( $P > 0,05$ ) no desempenho. Por sua vez, a relação Trp: Lys de 21% melhorou ( $P < 0,01$ ) o PF, CRD, GPD. Os resultados destes experimentos indicam que rações contendo níveis práticos de farinha de carne & ossos e farinhas de penas nas rações de suínos na fase de inicial, crescimento e terminação podem substituir parcialmente o FS nas rações de suínos. Por sua vez, a relação Trp: Lys de 21% proporcionou os melhores resultados de desempenho nas fases de crescimento e terminação.

**Palavras-Chave:** aminoácidos digestíveis, desempenho, farinha de origem animal.

**ABSTRACT:** A trial was carried to assess the effects of partial replacement of soybean meal by animal products in pigs fed two ratios standardized ileal digestible tryptophan during 15-25 kg living weight (initial), 30 to 65 kg living weight (growth) and 70 to 95 kg living weight (finished). It were used 96 barrows, commercial hybrid genetic PIC x PIC, distributed in a randomized block design in factorial arrangement 2 x 2 (two sources of protein X two ratios digestible tryptophan) with 12 replicates with two animals for each replicate. The performance parameters assessed were final weight (PF), the daily feed intake (CRD), the average daily gain (GPD) and feed efficiency (EA). In all phases, there was no interaction ( $P > 0.05$ ) between digestible tryptophan: lysine ratios and protein sources. Digestible tryptophan: lysine ratios and protein sources did not affect ( $P > 0.05$ ) performance of pigs from 15 to 25 kg live weight. In 30-65 kg living weight phase, the corn-soybean meal diet increased ( $P < 0.03$ ) the CRD. In this phase, digestible tryptophan:

lysine ratio of 21 % improved the PF, GPD and EA. In phase 70-95 kg live weight, protein sources did not affect ( $P > 0.05$ ) performance. The digestible tryptophan: lysine ratio of 21% improved ( $P < 0.01$ ) PF, CRD and GPD. These results indicate that practical levels of MBM and FM for pigs in initial, growing and finishing phase can partly replace vegetables sources in diets. The digestible tryptophan: lysine ratio of 21% promotes better performance for pigs in growing and finishing phases.

**Keywords:** animal meal, digestible amino acids, performance.

## INTRODUÇÃO

A crescente produção de carne de aves, suínos e bovinos tem aumentado a oferta de coprodutos de origem animal oriundos dos frigoríficos e graxarias no Brasil. O uso das farinhas de origem animal para os nutricionistas de suínos tem como princípio básico reduzir substancialmente o farelo de soja, assim como, o calcário e o fosfato bicálcico da ração.

Este fato gera grande interesse na produção de rações, pois tanto a farinha de carne & ossos e a farinha de pena quando em oferta no mercado tende a reduzir substancialmente os custos das rações dos suínos, principalmente quanto à alta do preço do farelo de soja e do fosfato bicálcico. Na prática, o preço das farinhas de carne & ossos, por exemplo, é da ordem de 80% do preço do farelo de soja sendo variável conforme a demanda do mercado para este alimento. A sua taxa de inclusão à níveis considerados práticos nas rações dos suínos não comprometerá o desempenho dos animais quando aplicado o conceito da digestibilidade dos aminoácidos e com base na relação da proteína ideal.

Na literatura, são escassas as pesquisas avaliando a utilização das farinhas de carne e farinha de penas para os suínos. Além disso, nas poucas pesquisas encontradas indicam não ter sido considerado às correções dos aminoácidos na dieta.

Para Rostagno et al. (2011) em rações práticas, o uso das farinhas de carne & ossos nas rações iniciais, crescimento e terminação dos suínos é de 4%, enquanto que para a farinha de pena é 1% para a fase inicial, 2% para a fase de crescimento e terminação.

A inclusão das farinhas de carne & ossos e de farinha de penas em dietas de suínos durante a fase inicial, crescimento e terminação, o aminoácido triptofano pode-se torna limitante, lançando a necessidade da suplementação do L-Triptofano nas formulações. Para tanto, atenção especial deve ser dada ao assunto, pois a suplementação do L-Triptofano nas rações de suínos parece não está relacionado apenas quanto a sua essencialidade na síntese proteica corporal, mas também ao seu caráter funcional ao organismo dos animais mamíferos, ou seja, nos processos inflamatórios (Le Floch & Seve, 2007), bem-estar (Liu et al., 2013) e ingestão de alimento (Zhang et al., 2007).

A partir do triptofano, são sintetizados os hormônios serotonina e a grelina que estão envolvidos no consumo alimentar (Le Floch & Seve, 2007). A liberação da serotonina (Landeiro e Quarantini, 2011) e da grelina (Zhang et al., 2007) acarreta, respectivamente, redução e aumento da ingestão voluntária de ração em suínos. Neste sentido, julga ser importante avaliar a relação de triptofano digestível para suínos acima daqueles preconizados por Rostagno et al. (2011) e pelo NRC (2012) para a fase inicial, crescimento e terminação.

Para Rostagno et al. (2011), a relação de Trp: Lys para suínos no período inicial, crescimento e terminação é de 18%. Por outro lado, o NRC (2012) recomenda 16% para a

fase inicial, 17% para a fase de crescimento e 17% para a fase terminação da relação de triptofano digestível.

Diante do exposto, esse trabalho foi conduzido para avaliar o efeito da redução do farelo de soja por coprodutos de origem animal em suínos alimentados com duas relações Trp: Lys na fase inicial, crescimento e terminação.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O protocolo utilizado neste estudo foi analisado e aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade Federal de Viçosa (Minas Gerais, Brasil), processo nº 23/2012.

### *Animais e Manejo Experimental*

O experimento foi conduzido no Setor de Suinocultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa no Estado de Minas Gerais - Brasil. Foram utilizados, em cada experimento, 96 suínos machos castrados, híbridos comerciais, da linha genética PIC x PIC no período de 15 a 95 kg de peso vivo, fase inicial (15 a 25 kg de peso vivo), fase de crescimento (30 a 65 kg de peso vivo) e fase de terminação (70 a 95 kg de peso vivo).

Os animais foram adquiridos de uma granja comercial. No dia que chegaram ao Setor de Suinocultura da Universidade Federal de Viçosa, os animais foram medicados com Draxxin injetável: 0,376 ml por animal (princípio ativo: Tulatromicina), sendo a dose recomendada de 2,5 mg de tulatromicina por kg de PC. O experimento teve início após quatro dias da chegada dos animais ao Setor de Suinocultura.

Os animais foram distribuídos em um delineamento em blocos casualizados baseado no peso inicial de cada fase de criação (peso leve, médio e pesado) em arranjo fatorial 2 x 2, 2 fontes de proteína (vegetal vs animal) x 2 relações Trp: Lys (18 e 21%) com 12 repetições e dois animais para cada repetição. O peso inicial médio dos animais nos experimentos I, II e III foram, respectivamente,  $14,71 \pm 1,03$  kg,  $30,14 \pm 2,27$  kg e  $69,26 \pm 4,97$  kg.

Os animais foram alojados em um galpão de alvenaria com baias de piso de concreto, comedouros de concreto e bebedouros tipo chupeta. A temperatura ambiente no interior do galpão foi registrada diariamente, uma vez por dia (17:00 horas), usando termômetros de mínimo e máximo, durante todo o período experimental. As temperaturas médias mínimas e máximas foram respectivamente:  $23,0 \pm 1,79$  e  $27,2 \pm 2,84^{\circ}\text{C}$  (fase inicial);  $19,1 \pm 1,75$  e  $22,5 \pm 2,39^{\circ}\text{C}$  (fase de crescimento);  $21,5 \pm 1,20$  e  $26,5 \pm 1,30^{\circ}\text{C}$  (fase de terminação).

### *Dietas experimentais*

As dietas foram formuladas para atender as exigências nutricionais de aminoácidos digestíveis, energia, vitaminas e macro e micro minerais para todos os períodos estudados, seguindo as recomendações nutricionais de Rostagno et al. (2011). A composição nutricional analisada do milho (M), farelo de soja (FS), farinha de carne & ossos (FCO) e farinha de penas (FP) estão apresentadas na Tabela 2.

As dietas experimentais foram formuladas considerando a digestibilidade dos aminoácidos tornando todas as dietas isonutritivas. Houve a inclusão de FCO e FP, respectivamente, conforme os níveis práticos estabelecidos por Rostagno et al. (2011), ou seja, de 3,0 e 1,5% na fase inicial e 3,5 e 2,0% nas fases de crescimento e terminação. Para

obter as relações de 21% de Trp: Lys, o L-triptofano 98% substituiu o amido. As composições das dietas experimentais calculadas e analisadas estão na Tabela 3 e 4 (Exp. 1), Tabela 5 e 6 (Exp. 2) e Tabela 7 e 8 (Exp. 3). As análises de aminoácidos das dietas foram analisadas pelo NIRS no laboratório da Evonik, Alemanha.

As dietas experimentais e água foram fornecidas *ad libitum* durante todo o período experimental. Diariamente foi coletado e pesado manualmente o desperdício de ração. Os animais e as sobras de rações foram pesados no início e no final de cada fase de criação para calcular o peso final (PF), consumo diário de ração (CRD), ganho de peso diário (GPD) e eficiência alimentar (EA).

#### *Análise Econômica*

Para a análise econômica foi necessário utilizar os conceitos de margem bruta (MB) e índice de rentabilidade (IR), de acordo com Graña (2008).

A margem bruta média (MBMe) representa a diferença entre a receita bruta média (RBMe) e o custo médio de ração (CMeA), e é definida por:

$$MBMe = RBMe - CMeA$$

A receita bruta média (RBMe) é obtida pelo Kg de suíno produzido (Q), pelo preço de venda (PV) do suíno:

$$RBMe = Q \times PV$$

O custo médio de ração (CMeA) é dado pela quantidade de ração consumida pelo suíno (CO) multiplicado pelo custo médio da ração (CD) no período avaliado, e é definido por:

$$\text{CMeA} = \text{CO} \times \text{CD}$$

O índice de rentabilidade (IR) indica a taxa de retorno do capital empregado, ou seja, mostra o retorno econômico para cada real (R\$) gasto com alimentação e é obtido pelo quociente entre a margem bruta média e o custo médio de ração.

$$\text{IR} = \frac{\text{MBMe}}{\text{CMeA}} \times 100$$

A análise econômica não considera os custos dos suínos, da mão de obra, energia elétrica e outros gastos adicionais à produção do suíno. Os preços das matérias-primas empregadas nas rações são demonstrados na Tabela 9 referentes aos valores de setembro de 2013, fornecidos pela Cooperativa do Paraná. O preço de comercialização do suíno foi estabelecido em R\$ 3,0/kg de peso vivo. Para o cálculo do IR foram considerados os ganhos de peso nas fases de criação inicial, crescimento e terminação, consumo de ração em cada fase e custo das rações dos diferentes tratamentos. O custo das rações experimentais é apresentado na Tabela 10.

#### *Análise Estatística*

Os dados de cada fase de criação foram submetidos à análise estatística considerando efeito aleatório de blocos e efeito fixo de fonte de proteína, relação de Trp: Lys e interação fonte de proteína x relação de Trp: Lys utilizando o Procedimento PROC MIX contido no Pacote SAS Inst. Inc., Cary, NC. A probabilidade inferior a 5% foi considerada significativa pelo teste de F.

## RESULTADOS

### *Análise de desempenho*

Na fase inicial, o PF médio foi de  $27,05 \pm 1,60$  kg e o período experimental foi de 21 dias. Não houve interação ( $P > 0,05$ ) entre as fontes de proteína (FS versus FS, FCO e FP) e as relações Trp: Lys (18 e 21%) sobre o PF, CRD, GPD e EA. As dietas e as relações de triptofano digestíveis não influenciaram ( $P > 0,05$ ) o PF, CRD, GPD e EA. Apesar de não ter sido significativo, os animais que receberam dietas contendo relação de 21% tiveram maior GPD (3,8%) (Tabela 11).

Na fase de crescimento, o PF médio foi de  $63,93 \pm 4,33$  kg e o período experimental foi de 32 dias. Não houve interação ( $P > 0,05$ ) entre as fontes de proteína e as relações de triptofano digestíveis sobre o PF, CRD, GPD e EA. As fontes de proteína influenciaram ( $P < 0,03$ ) o CRD. Suínos alimentados com dietas vegetais (M+FS) apresentaram maior CRD em comparação àqueles suínos alimentados com coprodutos de origem animal (FCO e FP). Por outro lado, as duas dietas utilizadas não influenciaram ( $P > 0,05$ ) no PF, GPD e EA (Tabela 12).

As relações Trp: Lys (18 e 21%) influenciaram ( $P < 0,02$ ) o PF, GPD e EA. Suínos alimentados com dietas com a relação Trp: Lys de 21%, independente da fonte de proteína usada na dieta experimental, apresentaram maiores valores ( $P < 0,02$ ) de PF (3,0%), GPD (5,2%) e de EA (2,7%) do que os animais alimentados com a relação de 18%. As relações de Trp: Lys (18; 21%) não influenciaram ( $P > 0,05$ ) o CRD dos suínos (Tabela 12).

Na fase de terminação, o PF médio foi de  $92,93 \pm 6,63$  kg e o período experimental foi de 24 dias. Não houve interação ( $P > 0,05$ ) entre as fontes de proteína e as relações Trp: Lys (18 e 21%) sobre o desempenho. As dietas não afetaram o desempenho final dos

animais, por sua vez, os suínos alimentados com a relação Trp: Lys de 21% apresentaram maior PF (2,6%), CRD (5,7%) e GPD (8,0%) quando comparado aos animais alimentados com a relação Trp: Lys de 18%. Não houve efeito ( $P > 0,05$ ) das relações Trp: Lys sobre a EA (Tabela 13).

### *Análise Econômica*

As rações contendo FCO e FP proporcionaram maior IR quando comparadas as rações contendo somente o FS, independente da relação Trp: Lys utilizada. As rações contendo FS com 21% de relação Trp: Lys proporcionaram maior IR em relação a ração contendo FS com relação Trp: Lys de 18%. No entanto, a ração contendo FCO e FP com relação Trp: Lys de 18% proporcionou maior IR em comparação a ração com relação Trp: Lys de 21% (Tabela 14).

## **DISCUSSÃO**

Pesquisas avaliando a utilização de farinhas de carnes & ossos e farinhas de penas na alimentação dos suínos e a sua correlação com os aminoácidos essenciais e limitantes, são necessárias, principalmente com a alta do preço do farelo de soja no mercado mundial. Outro ponto importante é estabelecer a resposta do L-triptofano suplementar sobre a fisiologia endócrina dos suínos quando alimentados com rações que contém a inclusão de farinhas de carnes & farinhas de penas, já que este aminoácido se torna limitante na dieta.

Na fase inicial: a ração contendo FCO e FP não afetou o desempenho dos animais, demonstrando que a inclusão de níveis práticos de farinha de carne & ossos e farinhas de pena conforme as recomendações de Rostagno et al. (2011), pode reduzir os custos da dieta sem comprometer o desempenho final dos suínos.

Chiba et al. (1996) avaliando a substituição de 0, 3, 6, 9 e 12% do FS pela FP com a suplementação de lisina observaram redução de aproximadamente 8% no GPD dos animais com a inclusão de 12% de FP nas dietas. Os autores relatam a importância da adição de lisina em dietas com FP. Os demais aminoácidos essenciais e as relações entre eles não foram ajustados o que pode ter interferido no resultado experimental.

No presente estudo, todas as dietas formuladas foram consideradas isonutritivas com a correção dos aminoácidos digestíveis até o triptofano e sem limitação de valina e isoleucina, o que possivelmente justifica o resultado de desempenho dos animais que receberam FCO e FP ter sido similar ao que receberam dieta vegetal, onde o FS foi a principal fonte de proteína. Conclusivamente, podemos estabelecer que a viabilidade do uso dos coprodutos de origem animal na alimentação de suínos, está relacionada diretamente ao custo da matéria-prima no mercado ao invés de seu efeito sobre o desempenho, desde que seja ajustada a dieta de acordo com a digestibilidade em aminoácidos e seja evitado o excesso de cálcio e fósforo.

Não houve diferença significativa nos parâmetros de desempenho entre as duas relações Trp: Lys (18 e 21%). Jansman et al. (2009) trabalhando com adição de triptofano (14, 17, 20 e 23 g/kg correspondendo às relações de Trp: Lys de 14, 17, 20 e 23%) em dietas deficientes de triptofano para animais no pós-desmama até 24 kg observaram que a melhor relação encontrada foi de 20%. Os autores consideram que os animais estavam em condições sanitárias adequadas e que condição ambiental pode interferir na exigência de triptofano do animal.

Mesmo não observando a diferença significativa entre as duas relações Trp: Lys estudada, os animais que receberam as duas dietas não conseguiram obter o ganho de peso

diário e consumo de ração diário preconizado por Rostagno et al. (2011) para machos castrados de alto potencial genético.

A relação Trp: Lys de 18% foi suficiente para atender a exigência do animal no período de 15 a 25 kg de peso vivo. A relação Trp: Lys para a fase de 15 a 30 kg de peso vivo é de 18% conforme Rostagno et al. (2011) e 16% para o NRC (2012).

Na fase de crescimento: a ração contendo farinha de origem animal (FCO e FP) não afetou ( $P < 0,05$ ) o PF, GPD e EA, porém promoveu redução ( $P > 0,05$ ) do CRD. Resultado similar foi obtido por Gottlob et al. (2004) que observaram redução no CRD com o aumento da FCO (0; 2,5; 5,0; 7,5; 10,0; 12,5%) nas rações de suínos dos 50 aos 65 kg de peso vivo. Por outro lado, Apple et al. (2003) trabalhando com níveis de FP (0; 3,0; 6,0%) para suínos em crescimento não observaram diferença no CRD e GPD entre os animais concluindo que a FP pode ser incluída em até 6,0% na dieta dos suínos.

Os dados obtidos neste experimento demonstram que os animais ao consumiram dieta contendo as farinhas de origem animal conseguiram ser mais eficientes, pois mesmo consumindo menor quantidade de ração obtiveram GPD semelhante aos animais que receberam dieta vegetal, justificando que a ração contendo FCO e FP conforme a recomendação de Rostagno et al. (2011) pode reduzir os custos da ração, mantendo o desempenho dos animais

A melhora observada no PF, GPD e na EA dos suínos com a maior relação Trp: Lys indicaram que, mesmo consumindo quantidade de ração similar, os animais que consumiram a maior relação Trp: Lys foram mais eficientes em converter alimento em GPD, uma vez que a EA foi aumentada.

O triptofano atua no estômago aumentando a produção do hormônio grelina, que por sua vez, atua nos receptores do hormônio de crescimento (GH) estimulando a sua

liberação. Para Zhang et al. (2007) níveis maiores de triptofano podem levar ao aumento da expressão do RNAm da grelina melhorando o crescimento animal. Segundo Etherton et al., (1986) a maior liberação do GH está diretamente relacionada a aumento da taxa de crescimento e massa muscular. A grelina presente na corrente sanguínea pode estar na forma de grelina (grelina acilada) e a des-acil grelina (Donget et al., 2009). Para ativar os receptores ela deve estar na forma acilada. Possivelmente, os suínos alimentados com maior relação de triptofano digestível neste experimento, pode ter sintetizado maior quantidade de grelina, que por sua vez, aumentou a síntese de GH com conseqüentemente melhora do GPD. Esta hipótese quando associada aos resultados obtidos neste experimento, estabelece a necessidade em desenvolver novos estudos para entender a correlação de maiores níveis de triptofano na dieta com a síntese endógena do hormônio grelina em suínos.

A relação triptofano digestível para suínos na fase de 30 aos 65 kg de peso vivo é de 18% para Rostagno et al., (2011) e 17% para o NRC (2012).

Na fase de terminação: o desempenho foi semelhante em dietas com diferentes fontes de proteínas. Van Heigten and Van Kempen (2002) trabalhando com a inclusão de 0, 2, 4, 6, 8 e 10% de FP em dieta de suínos em terminação não observaram diferença no desempenho dos animais com a inclusão de até 8,0% de FP na dieta. Resultado obtido por Apple et al. (2003) trabalhando diferentes níveis de FP (0; 3,0; 6,0%) não observaram diferença no desempenho de suínos na terminação, recomendando, a FP até o nível de 6,0%. Conclusivamente, é possível utilizar coprodutos de frigorífico nas dietas para suínos na fase inicial, crescimento e terminação, visando reduzir os custos, e, produzir de maneira sustentável os suínos sem comprometer o seu desempenho final.

A relação Trp: Lys de 21% proporcionou maior CRD e melhorou o GPD e o PF dos animais sem afetar a EA. A melhora no CRD pode ter sido influenciada pela liberação mais

eficiente do hormônio grelina naqueles animais de receberam a maior relação d Trp: Lys (21%). Salfen et al. (2004) avaliando o efeito da infusão de grelina humana três vezes ao dia por cinco dias em leitões no pós-desmama observaram melhora no GPD e aumento no CRD em relação aos animais que receberam infusão de solução salina.

Zhang et al. (2007) também associou o efeito positivo da adição do triptofano com o hormônio grelina ao trabalhar com leitões desmamados (8,6 kg de PV) alimentados com três níveis de triptofano (0,12; 0,19 e 0,26%). Neste trabalho, os autores observaram que aumento da ingestão de triptofano na dieta promoveu melhora no GPD, CRD e CA. Além disso, observaram que a adição de triptofano induziu aumento da expressão de RNAm da grelina no estômago e duodeno e nos níveis de grelina no plasma.

Guzik et al. (2005) verificaram que a CA dos suínos em terminação foi influenciada pelos níveis de triptofano digestível, com a melhor resposta obtida no nível de 0,109%, que correspondeu a relação Trp: Lys de 21%. Por outro lado, Lima et al.(2003) não verificaram melhora no desempenho avaliando diferentes relações de Trp: Lys (16, 17, 18, 19 e 20%) para suínos de 70 a 95 kg, recomendando a relação de 16%.

Haese et al. (2006) também não observaram efeito no CRD, GPD e CA quando avaliaram os níveis de triptofano (0,128; 0,136; 0,144; 0,152 e 0,160% de triptofano digestível) correspondentes às relações de Trp: Lys de 16, 17, 18, 19 e 20%, respectivamente, recomendando a relação Trp: Lys de 16%. Os autores sugerem que a diferença de resultados encontrados na literatura pode estar relacionada ao desafio imunológico. Animais sob desafio imunológico pode ter a relação Trp: Lys aumentada (Le Floch et al., 2004)

As recomendações de triptofano digestíveis para suínos na fase de 70 a 100 kg de peso vivo e 18% para Rostagno et al.(2011) e 17% para o NRC (2012).

## *Análise Econômica*

Com base nos valores de IR, as rações contendo FCO e FP foram mais rentáveis que as rações contendo FS, independente da relação Trp: Lys utilizada. Os custos das rações com FCO e FP foram inferiores aos custos das rações contendo FS, fato que contribuiu para maior IR. Por meio deste resultado é possível inferir que a substituição parcial do FS pelas FCO e FP se configura como uma alternativa para redução de custos.

A ração formulada a base de milho e FS com relação Trp: Lys de 21% foi mais rentável que a ração contendo FS com 18% de relação Trp: Lys. Tal fato pode ser justificado em função do maior valor de  $RBr_e$  que a dieta contendo 21% de relação Trp: Lys proporcionou. Por outro lado, a ração contendo FCO e FP com relação Trp: Lys de 18% apresentou maior rentabilidade em decorrência do menor CMeA dessas rações em comparação a rações contendo 21% de relação Trp: Lys. Desta forma, a relação de 21% de Trp: Lys proporcionou maior IR nas rações contendo FS, enquanto a relação de 18% de Trp: Lys foi mais rentável para a ração FCO e FP.

No presente estudo, dietas formuladas com farinha de carne & ossos e farinha de penas como fonte de proteínas promovem resultados similares ao farelo de soja no desempenho de suínos dos 15 a 95 kg e tornam o sistema de produção mais sustentável. Independente das dietas utilizadas, a relação triptofano digestível de 21% melhorou o desempenho nas fases de crescimento e terminação.

O benefício observado nesta pesquisa com a maior relação triptofano digestível demonstra a necessidade de novas pesquisas com níveis maiores de triptofano quando comparado às recomendadas de Rostagno et al. (2011) e NRC (2012) para máximo desempenho dos suínos. Além disso, é importante avaliar os mecanismos de ação do triptofano sobre o mecanismo fisiológico e endócrino principalmente quanto a liberação do

hormônio orexigênico (grelina) e outros fatores que possam interferir neste hormônio que pode agir sobre a regulação do consumo alimentar.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Apple, J. K., C. B. Boger, D. C. Brown, C. V. Maxwell, K. G. Friesen, W. J. Roberts, and Z. B. Johnson. 2003. Effect of feather meal on live animal performance and carcass quality and composition of growing-finishing swine. *J. Anim. Sci.* 81:172-181.

Chiba, L. I., H. W. Ivey, K. A. Cummins, B. E. Gamble. 1996. Hydrolyzed feather meal as a source of amino acids for finisher pigs. *Anim. Feed Sci. Technol.* 57: 15-24.

Dong, X., J. Xu., S. Tang, H. Li, Q. Jiang, X. Zou. 2009. Ghrelin and its biological effects on pigs. *Peptides*, 30: 1203–1211.

Etherton, T. D., J. P. Wiggins, C. S. Chung, C. M. Evock, J. F. Rebhun, and P. E. Walton. 1986. Stimulation of pig growth performance by porcine growth hormone and growth hormone-releasing factor. *J. Anim. Sci.* 63:1389–1399.

Gottlob, R. O., R. D. Goodband, M. D. Tokach, J. M. Derouchey, J. L. Nelssen, S. S. Dritz, C. W. Hastad, K. R. Lawrence, And C. N. Groesbeck. 2004. Effects of increasing meat and bone meal on finishing-pig growth performance. *Swin. Day*:126-131.

Graña, A. L. Estudo de estratégias nutricionais para frangos de corte. 2008. 154 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG – Brasil.

Guzik, A. C., J. L. Shelton, L. L. Southern, B. J. Kerr, and T. D. Bidner. 2005. The tryptophan requirement of growing and finishing barrows. *J. Anim. Sci.* 83:1303-1311.

Haese, D., J. L. Donzele, R. F. M. Oliveira, M. L. T. Abreu, F. C. O. Silva, and A. Saraiva. 2006. Níveis de triptofano digestível em rações para suínos machos castrados de alto potencial de deposição de carne magra na carcaça dos 60 aos 95 kg. *Rev. Bras. Zoot.* 35:2309-2313.

Jansman, A. J. M., J. Th. M. van Diepen, and D. Melchior. 2009. The effect of diet composition on tryptophan requirement of young piglets. *J. Anim. Sci.* 88:1017-1027.

Landeiro, F.M., L.C. Quarantini. 2011. Obesidade: Controle Neural e Hormonal do Comportamento Alimentar. *Rev. Ciênc. Méd. Biol.* 10: 236-245.

Le Floch, N., and B. Seve. 2007. Biological roles of tryptophan and its metabolism: Potential implications for pig feeding. *Livest. Sci.* 112:23-32.

Lima, G.J.M.M., C.H. Klein, and L. Hackenhaar. 2003. Determinação da Relação Triptofano: lisina em Dietas para Suínos em Terminação (70 a 95 kg). Comunicado Técnico 335. Embrapa. Concórdia.

Liu, H., B.M. Shi, and A.S. Shan. 2013. Supplemental dietary tryptophan modifies behavior, concentrations of salivary cortisol, plasma epinephrine, norepinephrine and hypothalamic 5-hydroxytryptamine in weaning piglets. *Livest. Sci.* 151: 213-218.

Rostagno, H. S., L. F. T. Albino, J. L. Donzele, P. C. Gomes, R. F. M. Oliveira, D. C. Lopes, A. F. Soares, and S. L. T. Barreto, 2011. Brazilian Tables for Poultry and Swine: Composition of Feedstuffs and Nutritional Requirements. 3rd ed. Univ. Federal de Viçosa. Viçosa. Minas Gerais. Brazil.

Salfen, B. E., J. Acarroll, D. H. Keisler, and T. A. Strauch. 2004. Effects of exogenous ghrelin on feed intake, weight gain, behavior, and endocrine responses in weanling pigs. *J. Anim. Sci.* 82:1957–1966.

Toshinai, K., H. Yamaguchi, Y. Sun, R. G. Smith, A. Yamanaka, T. Sakurai, Y. Date, M. S. Mondal, T. Shimbara, T. Kawagoe, N. Murakami, M. Miyazato, K. Kangawa, and M. Nakazato. 2006. Des-Acyl Ghrelin Induces Food Intake by a Mechanism Independent of the Growth Hormone Secretagogue Receptor. *Endocrinol.* 147:2306–2314.

vanHeugten, E. and T. A. T. G. van Kempen. 2002. Growth performance, carcass characteristics, nutrient digestibility and fecal odorous compounds in growing-finishing pigs fed diets containing hydrolyzed feather meal. *J. Anim. Sci.* 80:171–178.

Zhang, H., J. Yin, D. Li, X. Zhou, and X. Li. 2007. Tryptophan enhances ghrelin expression and secretion associated with increased food intake and weight gain in weanling pigs. *Domest. Anim. Endocrinol.* 33:47–61.

**Tabela 1** - Tratamentos Experimentais

<b>18% Relação Trp: Lys</b>	<b>21% Relação Trp: Lys</b>
1- Dieta M - FS	3- Dieta M - FS
2 - Dieta M-FS-FCO-FP	4- Dieta M-FS-FCO-FP

M - milho; FS - farelo de soja; FCO - farinha de carne & ossos; FP - farinha de pena

**Tabela 2** - Composição nutricional dos ingredientes.

<b>Nutrientes</b>	<b>Milho</b>	<b>F. Soja</b>	<b>F. Carne &amp; Ossos</b>	<b>F. de Pena</b>
Proteína Bruta %	6,791	37,704	36,207	63,111
Total de AA	6,711	37,070	31,750	64,809
Lisina dig.,%	0,210	2,414	1,877	1,648
Met + Cis dig.,%	0,287	1,083	0,727	3,775
Metionina dig.,%	0,129	0,548	0,516	0,509
Treonina dig.,%	0,234	1,428	1,069	2,935
Triptofano dig.,%	0,048	0,513	0,198	0,443
Isoleucina dig.,%	0,229	1,791	0,915	3,309
Leucina dig.,%	0,877	2,964	2,017	5,498
Valina dig., %	0,318	1,820	1,423	4,874

Valores determinados no AminoLab, Evonik Industries - Hanau - Alemanha.

**Tabela 3** - Exp. 1. Composição das dietas experimentais para suínos dos 15 aos 25 kg

<b>Ingredientes<sup>1</sup></b>	<b>18% Relação Trp: Lys<sup>4</sup></b>	
	<b>M-FS</b>	<b>M-FS-FCO-FP</b>
Milho (7,88%)	68,95	72,35
Farelo de Soja (45%)	25,70	19,30
Farinha de Carne & Ossos (44%)	-	3,000
Farinha de Pena (84%)	-	1,500
Óleo de Soja	2,200	1,900
Fosfato Bicálcico	0,958	0,072
Calcário	0,960	0,580
Sal	0,460	0,390
DL-Metionina (99%)	0,105	0,100
L-Lisina HCl (78%)	0,295	0,400
L-Treonina (98%)	0,060	0,070
L-Triptofano (98%)	-	0,025
Suplemento Vitamínico <sup>2</sup>	0,100	0,100
Suplemente Mineral <sup>3</sup>	0,100	0,100
Amido <sup>4</sup>	0,100	0,100
Antioxidante <sup>5</sup>	0,010	0,010
<b>Total</b>	<b>100,000</b>	<b>100,000</b>
<b>Valores Calculados</b>		
Proteína Bruta %	17,417	17,472
Energia Metab. (kcal/kg)	3.320	3.320

Ca, %	0,720	0,720
P disponível, %	0,350	0,350
Na, %	0,200	0,200
<b>Lisina DIE<sup>6</sup>, %</b>	<b>1,006 (100)</b>	<b>1,006 (100)</b>
Met + Cis DIE, %	0,604 (60)	0,604 (60)
Metionina DIE, %	0,346 (34)	0,331(33)
Treonina DIE, %	0,634 (63)	0,634 (63)
<b>Triptofano DIE, %</b>	<b>0,1810 (18)</b>	<b>0,1810 (18)</b>
Isoleucina DIE, %	<b>0,647 (64)</b>	<b>0,608 (68)</b>
Leucina DIE,%	<b>1,411 (140)</b>	<b>1,381 (137)</b>
Valina DIE, %	0,724 (72)	0,723 (72)

<sup>1</sup>Recomendações nutricionais de acordo com Rostagno et al. (2011);

<sup>2</sup>Conteúdo por kg de ração: 5.600 IU de vitamina A; 1.200 IU de vitamina D3; 32 IU de vitamina E; 2,4 mg de vitamina K3; 0,8 mg de vitamina B1; 2,0 mg de vitamina B2; 1,6 mg de vitamina B6; 0,016 mg de vitamina B12; 0,24 mg de ácido fólico; 0,08 mg de biotina; 12 mg de ácido pantotênico; 24 mg de ácido nicotínico;

<sup>3</sup>Conteúdo por kg de ração: 64 mg de ferro; 80 mg de zinco; 9,6 mg de cobre; 32 mg de manganês; 0,8 mg de iodo; 0,29 mg de selênio;

<sup>4</sup>O amido foi substituído por 0,03% L-Triptofano (98%) para obter a relação de 21% Trp: Lys (tratamentos 3 e 4);

<sup>5</sup>Butil-Hidroxitolueno;

<sup>6</sup>DIE – digestibilidade ileal estandardizada.

**Tabela 4** - Exp 1. Composição analisada dos aminoácidos digestíveis das dietas experimentais para suínos dos 15 aos 25 kg

Nutrientes	18% Relação Trp: Lys	18% Relação Trp: Lys
	M-FS	M-FS-FCO-FP
<b>Lisina DIE, %</b>	<b>0,964 (100)</b>	<b>0,972 (100)</b>
Met + Cis DIE, %	0,567 (59)	0,572 (59)
Metionina DIE, %	0,332 (34)	0,317 (33)
Treonina DIE, %	0,609 (63)	0,600 (62)
<b>Triptofano DIE, %</b>	<b>0,164 (17)</b>	<b>0,167 (17)</b>
Isoleucina DIE, %	0,626 (65)	0,594 (61)
Leucina DIE,%	1,357 (141)	1,336 (137)
Valina DIE, %	0,704 (73)	0,707 (73)

Valores determinados no AminoLab, Evonik Industries - Hanau - Alemanha.

**Tabela 5** - Exp. 2. Composição das dietas experimentais para suínos dos 30 aos 65 kg

<b>Ingredientes<sup>1</sup></b>	<b>18% Relação Trip: Lys<sup>4</sup></b>	
	<b>M-FS</b>	<b>M-FS-FCO-FP</b>
Milho (7,88%)	75,08	78,13
Farelo de Soja (45%)	20,40	13,60
Farinha de Carne & Ossos (44%)	-	3,500
Farinha de Pena (84%)	-	2,000
Óleo de Soja	1,800	1,500
Fosfato Bicálcico	1,044	-
Calcário	0,590	0,150
Sal	0,390	0,320
DL-Metionina (99%)	0,085	0,065
L-Lisina HCl (78%)	0,260	0,355
L-Treonina (98%)	0,045	0,045
L-Triptofano (98%)	-	0,025
Suplemento Vitamínico <sup>2</sup>	0,100	0,100
Suplemento Mineral <sup>3</sup>	0,100	0,100
Amido <sup>4</sup>	0,100	0,100
Antioxidante <sup>5</sup>	0,010	0,010
<b>Total</b>	<b>100,000</b>	<b>100,000</b>
<b>Valores Calculados</b>		
Proteína Bruta %	15,459	15,890
Energia Metab. (kcal/kg)	3,320	3,320

Ca, %	0,591	0,591
P disponível, %	0,358	0,358
Na, %	0,175	0,175
<b>Lisina DIE<sup>6</sup>, %</b>	<b>0,855 (100)</b>	<b>0,855 (100)</b>
Met + Cis DIE, %	0,538 (63)	0,539 (63)
Metionina DIE, %	0,303 (35)	0,276 (32)
Treonina DIE, %	0,556 (65)	0,556 (65)
<b>Triptofano DIE, %</b>	<b>0,154 (18)</b>	<b>0,154 (18)</b>
Isoleucina DIE, %	0,561(66)	0,533 (62)
Leucina DIE,%	1,298 (152)	1,288(151)
Valina DIE, %	0,641 (75)	0,660 (77)

<sup>1</sup>Recomendações nutricionais de acordo com Rostagno et al. (2011);

<sup>2</sup>Conteúdo por kg de ração: 5.600 IU de vitamina A; 1.200 IU de vitamina D3; 32 IU de vitamina E; 2,4 mg de vitamina K3; 0,8 mg de vitamina B1; 2,0 mg de vitamina B2; 1,6 mg de vitamina B6; 0,016 mg de vitamina B12; 0,24 mg de ácido fólico; 0,08 mg de biotina; 12 mg de ácido pantotênico; 24 mg de ácido nicotínico;

<sup>3</sup>Conteúdo por kg de ração: 64 mg de ferro; 80 mg de zinco; 9,6 mg de cobre; 32 mg de manganês; 0,8 mg de iodo; 0,29 mg de selênio;

<sup>4</sup>O amido foi substituído por 0,025% L-Triptofano (98%) para obter a relação de 21% Trp: Lys (tratamentos 3 e 4);

<sup>5</sup>Butil-Hidroxitolueno;

<sup>6</sup>DIE – digestibilidade ileal estandardizada.

**Tabela 6** - Exp 2. Composição analisada dos aminoácidos digestíveis das dietas experimentais para suínos dos 30 aos 65 kg

Nutrientes	18% Relação Trp: Lys	18% Relação Trp: Lys
	M-FS	M-FS-FCO-FP
<b>Lisina DIE, %</b>	<b>0,822 (100)</b>	<b>0,826 (100)</b>
Met + Cis DIE, %	0,507 (62)	0,511 (62)
Metionina DIE, %	0,292 (36)	0,264 (32)
Treonina DIE, %	0,528 (64)	0,522 (63)
<b>Triptofano DIE, %</b>	<b>0,138 (17)</b>	<b>0,142 (17)</b>
Isoleucina DIE, %	0,544 (66)	0,524 (63)
Leucina DIE,%	1,250 (152)	1,250 (151)
Valina DIE, %	0,624 (76)	0,649 (79)

Valores determinados no AminoLab, Evonik Industries - Hanau - Alemanha.

**Tabela 7** - Exp. 3. Composição das dietas experimentais para suínos dos 70 aos 95 kg

<b>Ingredientes<sup>1</sup></b>	<b>18% Relação Trp: Lys<sup>4</sup></b>	
	<b>M-FS</b>	<b>M-FS-FCO-FP</b>
Milho (7,88%)	80,42	81,41
Farelo de Soja (45%)	15,600	10,900
Farinha de Carne & Ossos (44%)	---	3,500
Farinha de Pena (84%)	---	2,000
Óleo de Soja	1,500	1,300
Fosfato Bicálcico	1,065	---
Calcário	0,440	---
Sal	0,350	0,280
DL-Metionina (99%)	0,055	0,030
L-Lisina HCl (78%)	0,230	0,260
L-Treonina (98%)	0,030	----
L-Triptofano (98%)	---	0,010
Suplemento Vitamínico <sup>2</sup>	0,100	0,100
Suplemento Mineral <sup>3</sup>	0,100	0,100
Amido <sup>4</sup>	0,100	0,100
Antioxidante <sup>5</sup>	0,010	0,010
<b>Total</b>	<b>100,000</b>	<b>100,000</b>
<b>Valores Calculados</b>		
Proteína Bruta %	14,187	14,796
Energia Metab. (kcal/kg)	3,320	3,320

Ca, %	0,529	0,529
P disponível, %	0,355	0,355
Na, %	0,160	0,1600
<b>Lisina DIE<sup>6</sup>, %</b>	<b>0,718 (100)</b>	<b>0,718 (100)</b>
Met + Cis DIE, %	0,468 (65)	0,485 (68)
Metionina DIE, %	0,252 (35)	0,233 (32)
Treonina DIE, %	0,481 (67)	0,481 (67)
<b>Triptofano DIE, %</b>	<b>0,129 (18)</b>	<b>0,129 (18)</b>
Isoleucina DIE, %	0,481 (67)	0,490 (68)
Leucina DIE, %	1,191 (166)	1,233 (172)
Valina DIE, %	0,562 (78)	0,618 (86)

<sup>1</sup>Recomendações nutricionais de acordo com Rostagno et al. (2011);

<sup>2</sup>Conteúdo por kg de ração: 5.600 IU de vitamina A; 1.200 IU de vitamina D3; 32 IU de vitamina E; 2,4 mg de vitamina K3; 0,8 mg de vitamina B1; 2,0 mg de vitamina B2; 1,6 mg de vitamina B6; 0,016 mg de vitamina B12; 0,24 mg de ácido fólico; 0,08 mg de biotina; 12 mg de ácido pantotênico; 24 mg de ácido nicotínico;

<sup>3</sup>Conteúdo por kg de ração: 64 mg de ferro; 80 mg de zinco; 9,6 mg de cobre; 32 mg de manganês; 0,8 mg de iodo; 0,29 mg de selênio;

<sup>4</sup>O amido foi substituído por 0,022% L-Triptofano (98%) para obter a relação de 21% Trp: Lys (tratamentos 3 e 4);

<sup>5</sup>Butil-Hidroxitolueno;

<sup>6</sup>DIE – digestibilidade ileal estandardizada.

**Tabela 8** - Exp 3. Composição analisada dos aminoácidos digestíveis das dietas experimentais para suínos dos 70 aos 95 kg

Nutrientes	18% Relação Trp: Lys	18% Relação Trp: Lys
	M-FS	M-FS-FCO-FP
<b>Lisina DIE, %</b>	<b>0,694 (100)</b>	<b>0,694 (100)</b>
Met + Cis DIE, %	0,440 (63)	0,456 (66)
Metionina DIE, %	0,243 (35)	0,219 (32)
Treonina DIE, %	0,452 (65)	0,445 (64)
<b>Triptofano DIE, %</b>	<b>0,115 (17)</b>	<b>0,115 (17)</b>
Isoleucina DIE, %	0,469 (68)	0,482 (69)
Leucina DIE,%	1,152 (166)	1,198 (173)
Valina DIE, %	0,551 (79)	0,609 (88)

Valores determinados no AminoLab, Evonik Industries - Hanau - Alemanha.

**Tabela 9** - Custo dos ingredientes, em reais, por quilograma, utilizados nas formulações das dietas experimentais.

<b>Ingredientes (%)</b>	<b>R\$/kg</b>
Milho	0,467
Farelo de Soja	1,090
Farinha de Carne & Ossos	0,870
Farinha de Pena	1,380
Óleo De Soja	2,510
Fosfato Bicálcico	1,490
Calcário	0,100
Sal	0,340
DL- Metionina	9,850
L-Lisina	5,070
L-Treonina	5,820
L-Triptofano	53,500
Suplemento Vitamínico	6,300
Suplemento Mineral	3,500
Amido	1,000
Antioxidante	3,680

**Tabela 10** - Custo das rações experimentais para suínos

TRATAMENTOS	R\$ kg		
	Fase Inicial	Fase Crescimento	Fase Terminação
FS 18%	0,714	0,671	0,631
FCO-FP 18%	0,704	0,662	0,623
FS 21%	0,730	0,664	0,642
FCO-FP 21%	0,720	0,675	0,635

FS 18% - dieta contendo farelo de soja com 18% de relação Trp: Lys; FCO-FP 18% - dieta contendo farinha de carne & ossos e farinha de pena com 18% de relação Trp: Lys; FS 21% - dieta contendo farelo de soja com 21% de relação Trp: Lys; FCO-FP 21% - dieta contendo farinha de carne & ossos e farinha de pena com 21% de relação Trp: Lys.

**Tabela 11** - Desempenho dos suínos de 15 aos 25 kg alimentados com duas fontes de proteína e duas relações Trp: Lys

Parâmetros	Fontes de Proteína		P-valor	Rel. Trp:Lys		P-valor	CV
	FS	FCO - FP	Fontes	18%	21%	Nível	(%)
PF (kg)	27,20	26,92	0,286	26,80	27,28	0,122	3,49
CRD (kg)	1,048	1,047	0,983	1,029	1,065	0,141	7,56
GPD (kg)	0,595	0,581	0,293	0,576	0,599	0,114	7,70
EA	0,568	0,555	0,118	0,559	0,563	0,679	4,88

FS - farelo de soja; FCO e FP - farinha de carne & ossos e farinha de penas; P-valor fontes e P-valor nível - valor de significância de fontes de proteína e níveis; CV - coeficiente de variação;

Não houve interação ( $P > 0,05$ ) entre as fontes de proteína e relação Trp: Lys.

**Tabela 12** – - Desempenho dos suínos de 30 aos 65 kg alimentados com duas fontes de proteína e duas relações Trp: Lys

Parâmetros	Fontes de Proteína		P-valor	Rel. Trp: Lys		P-valor	CV (%)
	FS	FCO - FP	Fontes	18%	21%	Nível	
PF (kg)	64,13	63,72	0,418	62,97B	64,92A	0,014	3,64
CRD (kg)	2,128 <sup>a</sup>	2,052B	0,032	2,064	2,118	0,198	5,92
GPD (kg)	1,064	1,048	0,433	1,029B	1,085A	0,014	6,81
EA	0,501	0,511	0,079	0,499B	0,513A	0,018	4,01

FS - farelo de soja; FCO e FP - carne & ossos e farinha de penas; P-valor fontes e P-valor nível - valor de significância de fontes de proteína e níveis; CV - coeficiente de variação;

Não houve interação ( $P > 0,05$ ) entre as fontes de proteína e relação Trp: Lys;

A;B - Médias seguidas de letras diferentes nas linhas são diferentes pelo teste F ( $P < 0,05$ ).

**Tabela 13** - Desempenho dos suínos de 70 aos 95 kg alimentados com duas fontes de proteína e duas relações Trp: Lys

Parâmetros	Fontes de Proteína		P-valor	Rel. Trp: Lys		P-valor	CV (%)
	FS	FCO - FP	Fontes	18%	21%	Nível	
PF (kg)	92,62	93,24	0,701	91,71B	94,20A	0,012	3,01
CRD (kg)	2,732	2,724	0,815	2,650B	2,810A	0,003	5,95
GPD (kg)	0,983	0,989	0,828	0,946B	1,028A	0,002	8,17
EA	0,360	0,363	0,538	0,357	0,366	0,133	5,27

FS - farelo de soja; FCO e FP - farinha de carne & ossos e farinha de penas; P-valor fontes e P-valor nível - valor de significância de fontes de proteína e níveis; CV - coeficiente de variação;

Não houve interação ( $P > 0,05$ ) entre as fontes de proteína e relação Trp: Lys;

A;B - Médias seguidas de letras diferentes nas linhas são diferentes pelo teste F ( $P < 0,05$ ).

**Tabela 14** - Análise econômica de suínos dos 15 aos 95 kg.

PARÂMETROS	FCO-		FCO-	
	FS 18%	FP 18%	FS 21%	FP 21%
RBM <sub>e</sub> (GPF1+GPF2+GPF3)*PRVS (R\$/suíno)	204,302	201,993	216,408	215,277
CM <sub>e</sub> A (CM1+CMF2+CMF3) (R\$/suíno)	101,178	97,266	106,324	104,304
MBM <sub>e</sub> Final (R\$/suíno)	103,123	104,727	110,084	110,973
IR (%)	101,922	107,672	103,537	106,394

RBM<sub>e</sub>: receita bruta média; CM<sub>e</sub>A: custo médio de ração; MBM<sub>e</sub>: margem bruta média; IR: índice de rentabilidade; FS 18% - dieta contendo farelo de soja com 18% de relação Trp: Lys; FCO-FP 18% - dieta contendo farinha de carne & ossos e farinha de pena com 18% de relação Trp: Lys; FS 21% - dieta contendo farelo de soja com 21% de relação Trp: Lys; FCO-FP 21% - dieta contendo farinha de carne & ossos e farinha de pena com 21% de relação Trp: Lys.

## APÊNDICE

**Tabela 1** - Valores utilizados na análise econômica

	<b>FS 18%</b>	<b>FS-FCO-FP 18%</b>	<b>FS 21%</b>	<b>FS-FCO-FP 21%</b>
GPF Fase 1	12,321	11,877	12,641	12,510
CRF Fase 1	21,541	21,660	22,435	22,294
Custo ração Fase 1	0,714	0,704	0,730	0,720
CMeA Fase 1	15,380	15,249	16,378	16,052
GPF FAse 2	33,153	32,673	34,928	34,467
CRF Fase 2	67,762	64,329	68,400	67,093
Custo ração Fase 2	0,671	0,662	0,684	0,675
CMeA Fase 2	45,468	42,586	46,786	45,288
GPF Fase 3	22,627	22,781	24,567	24,782
CRF Fase 3	63,914	63,292	67,228	67,660
Custo ração Fase 3	0,631	0,623	0,642	0,635
CMeA Fase 3	40,330	39,431	43,160	42,964