

EDUARDO TERRA NOGUEIRA

**DIGESTIBILIDADE ILEAL DE PROTEÍNA E DE
AMINOÁCIDOS DE ALIMENTOS PROTÉICOS
DETERMINADA PELAS TÉCNICAS DA CÂNULA T SIMPLES
E DA ANASTOMOSE ÍLEO-RETAL COM SUÍNOS**

Tese apresentada à
Universidade Federal de Viçosa,
como parte das exigências do
Programa de Pós-graduação em
Zootecnia, para obtenção do título
de “Magister Scientiae”.

**VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
JULHO – 2001**

EDUARDO TERRA NOGUEIRA

**DIGESTIBILIDADE ILEAL DE PROTEÍNA E DE
AMINOÁCIDOS DE ALIMENTOS PROTÉICOS
DETERMINADA PELAS TÉCNICAS DA CÂNULA T SIMPLES
E DA ANASTOMOSE ÍLEO-RETAL COM SUÍNOS**

Tese apresentada à
Universidade Federal de Viçosa,
como parte das exigências do
Programa de Pós-graduação em
Zootecnia, para obtenção do título
de “Magister Scientiae”.

APROVADA: 10 de fevereiro de 2000.

**Prof. Juarez Lopes Donzele
(Conselheiro)**

Prof^a. Rita Flávia Miranda de Oliveira

Prof. Aloísio Soares Ferreira

Prof. Luiz Fernando Teixeira Albino

**Prof. Darci Clementino Lopes
(Orientador)**

A Deus, por estar sempre comigo.
Aos meus pais Acir e Marlene, minha irmã Patrícia,
meu sobrinho Pedro e a minha esposa Luciene,
por estarem sempre ao meu lado, me apoiando e respeitando.
Ao meu filho João Vitor, que me dá forças para vencer.

“Você não sabe o quanto eu caminhei, para chegar até aqui ...
percorri milhões de milhas antes de dormir ...”

(Tony Garrido)

AGRADECIMENTO

A Universidade Federal de Viçosa, por meio do Departamento de Zootecnia e da Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, pelo apoio e pela oportunidade de realização deste trabalho.

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pela concessão de bolsa de estudos.

A Ajinomoto Animal Nutrition, pelas análises de aminoácidos realizadas.

Ao professor Darci Clementino Lopes, pela orientação, respeito e amizade durante o curso.

Aos professores do Departamento de Zootecnia, em especial aos professores Juarez Lopes Donzele, Rita Flávia Miranda de Oliveira, Aloísio Soares Ferreira e Luiz Fernando Teixeira Albino, pelas valiosas sugestões e por participarem da banca examinadora.

Aos funcionários do Setor de Suinocultura, do Departamento de Zootecnia, pela valiosa colaboração e amizade durante a realização dos ensaios de digestibilidade.

Aos funcionários da Fábrica de Ração e do Setor de Avicultura, do Departamento de Zootecnia.

Aos funcionários do Laboratório de Nutrição Animal, do Departamento de Zootecnia, pelo atenção e presteza para a realização das análises laboratoriais.

Aos colegas e funcionários do Departamento de Zootecnia, pelo convívio harmonioso e atenção.

Aos bons amigos que apoiaram, incentivaram e colaboraram para a realização deste trabalho.

A todas as pessoas que contribuíram, direta ou indiretamente, para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

EDUARDO TERRA NOGUEIRA, filho de Acir José André Nogueira e Marlene Terra Nogueira, nasceu em Niterói – RJ, em 27 de março de 1974.

Em março de 1993, iniciou o curso de graduação em Medicina Veterinária, na Universidade Federal de Viçosa, concluindo-o em dezembro de 1997.

Em março de 1998, ingressou no Curso de Mestrado em Zootecnia, da Universidade Federal de Viçosa, concentrando seus estudos na área de Nutrição de Monogástricos, submetendo-se à defesa de tese em 10 de fevereiro de 2000.

CONTEÚDO

	Página
EXTRATO	xiii
ABSTRACT	x
1.INTRODUÇÃO	1
2.REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1. Digestibilidade de aminoácidos.....	4
2.2. Determinação da digestibilidade ileal de aminoácidos	10
2.2.1. Cânula T simples.....	10
2.2.2. Cânula Pós-valvular em T (PVTC).....	12
2.2.3. Cânulas reentrantes.....	13
2.2.4. Anastomose íleo-retal.....	13
2.3. Fatores que podem interferir com a digestibilidade ileal de aminoácidos.....	16

CAPÍTULO 1.....	20
DIGESTIBILIDADE ILEAL APARENTE E VERDADEIRA DE PROTEÍNA E DE AMINOÁCIDOS DE ALIMENTOS PROTÉICOS DETERMINADA PELA TÉCNICA DA CÂNULA T SIMPLES COM SUÍNOS.....	20
1. INTRODUÇÃO	20
2. MATERIAL E MÉTODOS	22
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
4. RESUMO E CONCLUSÕES	40
CAPÍTULO 2	43
DIGESTIBILIDADE ILEAL APARENTE E VERDADEIRA DE PROTEÍNA E DE AMINOÁCIDOS DE ALIMENTOS PROTÉICOS DETERMINADA PELA TÉCNICA DA ANASTOMOSE ÍLEO-RETAL COM SUÍNOS.....	43
1. INTRODUÇÃO	43
2. MATERIAL E MÉTODOS	45
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	51
4. RESUMO E CONCLUSÕES	59
3. RESUMO E CONCLUSÕES	62
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64

EXTRATO

NOGUEIRA, Eduardo Terra, M.S., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2001. **Digestibilidade ileal de proteína e de aminoácidos de alimentos protéicos determinada pelas técnicas da cânula T simples e da anastomose íleo-retal com suínos.** Orientador: Darci Clementino Lopes. Conselheiros: Horacio Santiago Rostagno e Juarez Lopes Donzele.

Foram realizados dois ensaios de digestibilidade no Setor de Suinocultura, do Departamento de Zootecnia, da Universidade Federal de Viçosa, MG, com o objetivo de determinar os coeficientes de digestibilidade ileal aparente (CDapPB) e verdadeira (CDvPB) de proteína e os coeficientes de digestibilidade ileal aparente (CDapAA) e verdadeira (CDvAA) de aminoácidos do farelo de soja (FS), glúten de milho (GM), da farinha de carne e ossos (FCO) e farinha de sangue (FSA), utilizando as técnicas da cânula T simples e da anastomose íleo-retal (exceto para FSA), com suínos. Os CDapPB e CDvPB

determinados para o FS, GM, FCO e FSA, utilizando-se a técnica da cânula T simples, foram de 72,00 e 88,40%; 73,52 e 89,50%; 53,71 e 70,50%; e 46,58 e 63,20%, respectivamente. Os CDvAA médios determinados para FS, GM, FCO e FSA, utilizando-se a técnica da cânula T simples, foram de 91,12; 90,41; 71,93; e 64,70%, respectivamente. Os CDvAA variaram de 84,70% (alanina) a 96,21% (arginina), para o FS; de 81,45% (triptofano) a 93,98% (histidina), para o GM; 56,64% (ácido aspártico) a 84,00% (arginina), para a FCO; e 63,21% (valina) a 76,80% (isoleucina), para a FSA. Os CDapPB e CDvPB determinados para FS, GM e FCO utilizando-se a técnica da anastomose íleo-retal, foram de 80,93 e 91,32%; 78,41 e 88,52%; e 50,65 e 61,26%, respectivamente. Os CDvAA médios determinados para FS, GM e FCO, utilizando-se a técnica da anastomose íleo-retal, foram de 91,70; 88,91 e 61,83%, respectivamente. Os CDvAA variaram de 82,27% (glicina) a 97,97% (tirosina), para o FS; 65,22% (glicina) a 97,27% (arginina), para o GM; e 24,89% (cisteína) a 73,59% (fenilalanina), para a FCO. Os CDapPB, CDvPB, CDapAA, CDvAA dos alimentos de origem vegetal (FS e GM) foram maiores que os coeficientes de digestibilidade dos alimentos de origem animal (FCO e FSA), indicando que o FS e o GM foram alimentos de maior qualidade nutricional. A composição química e os coeficientes de digestibilidade determinados neste trabalho podem ser utilizados como referência da composição protéica e aminoacídica e valores de digestibilidade do FS, GM, FCO e FSA para a formulação de dietas para suínos com base em aminoácidos digestíveis.

ABSTRACT

NOGUEIRA, Eduardo Terra, M.S., Universidade Federal de Viçosa, July, 2001.

Ileal digestibility of protein and amino acids of protein feedstuffs determined by the techniques of the simple T canula and of the ileo-rectal anastomosis with pigs. Adviser: Darci Clementino Lopes. Committee Members: Horacio Santiago Rostagno and Juarez Lopes Donzele.

Two experiments of digestibility were carried out in the swine production sector, of the Department of Zootecnia, in the Universidade Federal de Viçosa, MG, with the objective of determining the coefficients of apparent (CDapPB) and true ileal protein digestibility (CDvPB) and the coefficients of apparent (CDapAA) and true ileal amino acids digestibility (CDvAA) of the soybean meal (FS), corn gluten meal (GM), meat and bone meal (FCO) and blood meal (FSA), using the techniques of the simple T-canula and of the ileo-rectal anastomosis (except for FSA), with pigs. CDapPB and CDvPB determined for FS, GM, FCO and FSA being used the technique of the simple T-canula were of 72,00 and 88,40%; 73,52 and 89,50%; 53,71 and 70,50% and, 46,58 and

63,20%, respectively. The means of CDvAA determined for FS, GM, FCO and FSA being used the technique of the simple T-canula were 91,12; 90,41; 71,93 and 64,70%, respectively. CDvAA ranging of 84,70% (alanine) to 96,21% (arginine), for FS; of 81,45% (tryptophan) to 93,98% (histidine), for GM; of 56,64% (acid aspartic) to 84,00% (arginine), for FCO and 63,21% (valine) to 76,80% (isoleucine), for FSA. CDapPB and CDvPB determined for FS, GM and FCO being used the technique of the ileo-rectal anastomosis were of 80,93 and 91,32%; 78,41 and 88,52% and, 50,65 and 61,26%, respectively. The means of CDvAA determined for FS, GM and FCO being used the technique of the ileo-rectal anastomosis were 91,70; 88,91 and 61,83%, respectively. CDvAA ranging of 82,27% (glycine) to 97,97% (tyrosine), for FS; 65,22% (glycine) to 97,27% (arginine), for GM and 24,89% (cystine) to 73,59% (phenylalanine), for FCO. CDapPB, CDvPB, CDapAA, CDvAA of the feedstuffs of plant origin (FS and GM) were larger than the coefficients of digestibility of the feedstuffs of animal origin (FCO and FSA), indicating that FS and GM were feedstuffs of larger nutritional quality. The chemical composition and the coefficients of digestibility determined in this work can be used like reference of the protein and amino acids composition and values of digestibility of FS, GM, FCO and FSA for the formulation of diets for pigs based in digestibles amino acids.

1. INTRODUÇÃO

A eficiência produtiva dos suínos é o resultado da interação de fatores como genética, ambiente, sanidade, nutrição, entre outros. A adequada nutrição, associada a práticas de manejo que garantam o bem-estar, permite que os suínos ingiram quantidades adequadas de nutrientes essenciais para cada fase e intensidade de produção, permitindo a estes expressarem todo o seu potencial genético para produção.

O estabelecimento das exigências nutricionais para cada fase de criação, a avaliação da qualidade nutricional dos alimentos utilizados nas dietas e a utilização de alimentos alternativos, que podem ser usados como substitutos aos ingredientes convencionais, entre outras técnicas aplicadas à nutrição de suínos, têm otimizado a utilização dos alimentos e dos nutrientes ingeridos, permitindo o adequado suprimento de aminoácidos, bem como de outros nutrientes essenciais.

Tradicionalmente, o balanceamento de dietas para suínos tem sido realizado com base na composição química dos alimentos. Todavia, as análises laboratoriais descrevem apenas o valor potencial dos alimentos, nada informando sobre a digestibilidade dos nutrientes, que pode ser significativamente menor. O

conhecimento da digestibilidade de cada aminoácido é fundamental para se obter maior precisão na formulação de dietas para suínos, visto que há grande variação na digestibilidade entre os aminoácidos e entre os alimentos.

Inúmeros trabalhos têm sido realizados com o intuito de obter uma metodologia de avaliação nutricional que represente adequadamente a digestão do alimento no sistema digestivo do suíno, seja prática, de rápida execução, apresente baixo custo e possa ser utilizada como rotina na avaliação de alimentos, não sendo fácil, até então, obter uma proposta unificada de avaliação da digestibilidade de proteína e aminoácidos.

Para o conhecimento da digestibilidade dos alimentos, o meio mais adequado é a determinação dos nutrientes digestíveis diretamente no animal, com os quais se obtêm valores confiáveis e com boa repetibilidade, em detrimento da digestibilidade “in vitro”, que, segundo LOW (1982), não pode reproduzir as condições complexas e dinâmicas do intestino “in vivo”, onde aminoácidos exógeno e endógeno são misturados, sofrendo os efeitos das interações entre concentração, competição, inibição, microbiota e fatores neurais e humorais, podendo tais métodos serem utilizados apenas para “ranquear” amostras em termos de digestibilidade aparente do nitrogênio.

Embora a digestibilidade fecal tenha sido aceita como proposta metodológica por quase duas décadas, os estudos desenvolvidos a partir dos anos 70 por vários grupos de pesquisadores, sob as mais diversas condições, mostraram que a digestibilidade ileal dos aminoácidos é melhor estimativa do valor nutricional das proteínas do que a digestibilidade fecal e, conseqüentemente, um método mais útil para se incluir na formulação de dietas para suínos (JUST et al., 1985; BELLAVER, 1994; WILLIAMS, 1995).

Atualmente, o balanceamento de dietas a partir de valores de digestibilidade ileal dos aminoácidos tem permitido ao nutricionista formular dietas mais adequadas às exigências produtivas de cada animal, utilizar alimentos alternativos que podem diminuir os elevados custos com alimentação, sem prejudicar o desempenho produtivo, e reduzir a excreção de resíduos

nitrogenados, que são fonte potencial para a produção de gases tóxicos e contaminação para o meio ambiente.

A constante realização de ensaios de digestibilidade ileal com suínos, a partir da década de 70, por pesquisadores norte-americanos, europeus e asiáticos, tem permitido a obtenção de inúmeras informações sobre a digestibilidade dos aminoácidos dos alimentos, em que os resultados contidos em tabelas de composição de alimentos, têm servido de referência para a formulação de dietas, com base em aminoácidos digestíveis, pelos nutricionistas brasileiros.

Em virtude da escassez de informações sobre a digestibilidade ileal de alimentos, obtida nas condições brasileiras, inúmeros pesquisadores, de diversas instituições de renome nacional, não têm medido esforços para obterem os valores de digestibilidade ileal de aminoácidos e a composição de tabelas nacionais, que servirão para a adequada formulação de dietas com base na digestibilidade de aminoácidos.

Assim, objetivou-se avaliar a digestibilidade ileal aparente e verdadeira de proteína e aminoácidos de alimentos protéicos, utilizando-se a técnica da cânula T simples e a técnica da anastomose íleo-retal com suínos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Digestibilidade de aminoácidos

Compete ao nutricionista de suínos formular dietas, a partir de uma variedade de ingredientes, e atender, a um menor custo, as quantidades corretas e balanceadas dos aminoácidos essenciais requeridos para suportar um específico nível ou tipo de crescimento.

A formulação de dietas, com base em aminoácidos digestíveis, parece ser mais acurada do que a formulação com base em aminoácidos totais, quando a digestibilidade dos aminoácidos dos alimentos diferir grandemente ou quando aminoácido cristalino for adicionado para se diminuir o conteúdo de proteína da dieta e simultânea redução de custo da produção (KNABE, 1991).

WILLIAMS (1995) concluiu que, a partir do aumento da oferta de subprodutos da indústria de alimentos para humanos e da maior disponibilidade destes subprodutos para a composição das dietas para animais, torna-se importante determinar o valor nutricional destes alimentos para que as novas dietas sejam adequadamente formuladas. O uso de valores de digestibilidade ileal na formulação de dietas aumenta o número de alimentos que podem ser utilizados na formulação, sem prejuízos na qualidade nutricional da dieta. Este autor finaliza ressaltando a importância dos valores de digestibilidade ileal na formulação de dietas, para a redução da poluição nitrogenada, visto que a excreção de nitrogênio está diretamente relacionada com a digestibilidade dos

aminoácidos, podendo-se reduzir, desta forma, os custos ambientais, econômicos e sociais da poluição ambiental a partir dos dejetos de suínos.

Estes aspectos têm estimulado a realização de constantes estudos que visam desenvolver novas metodologias de avaliação nutricional e estimativas das exigências dos animais com base na digestibilidade de proteína e de aminoácidos.

O termo digestibilidade refere-se ao desaparecimento de um nutriente pelo trato digestivo, enquanto o termo disponibilidade é definido como uma porção dos nutrientes consumidos que é absorvida no trato digestivo e está disponível para o metabolismo animal, segundo SAUER e OZIMEK (1986). De acordo com LOW (1982), é definido como a proporção de aminoácidos em uma dieta que não está combinada com compostos que possam interferir com a digestão, a absorção e o metabolismo animal.

Existem muitas propostas metodológicas de avaliação de proteína e de aminoácidos nos alimentos e, segundo MEJÍA e FERREIRA (1996), dois fatos marcantes devem ser considerados nestas propostas. O primeiro é que muitas técnicas clássicas descritas na literatura são realizadas com pequenos animais, principalmente com ratos e aves, com ênfase no desenvolvimento de estratégias úteis para humanos. Destas técnicas, de acordo com Fuller (1988), citado por MEJÍA e FERREIRA (1996), fazem parte a relação de eficiência protéica, o valor biológico da proteína, o índice de balanço de nitrogênio e a utilização líquida da proteína, nas quais se baseiam alguns dos princípios mais importantes para se avaliar a disponibilidade de alguns aminoácidos. O segundo fato a se destacar é que existem vários trabalhos isolados, utilizando inúmeras metodologias de avaliação nutricional, não sendo possível obter uma proposta unificada de avaliação. Segundo BELLAYER (1989), há a necessidade de se padronizar as diferentes propostas de avaliação nutricional para que possam haver comparações válidas entre os resultados e o enriquecimento das tabelas de composição de alimentos, devendo-se também utilizar tais padrões para se estimarem as exigências nutricionais dos animais.

A digestibilidade é determinada a partir de ensaios de digestão, nos quais a dieta é fornecida e a excreta correspondente (digesta ileal ou fezes) é coletada (KNABE, 1991) e, segundo SAUER e OZIMEK (1986), a digestibilidade de aminoácidos pode ser definida como a diferença entre a quantidade de aminoácidos na dieta e a presente na digesta ileal ou fecal, dividida pela quantidade de aminoácido na dieta.

A digestibilidade é um método direto e simples de se estimar a qualidade dos alimentos, sendo a forma mais simples denominada digestibilidade fecal, preconizada por KUIKEN e LYMAN (1948), que mede a diferença entre a quantidade ingerida e a excretada nas fezes. Entretanto, tal método tem sido criticado em virtude das mudanças que podem ocorrer no metabolismo dos aminoácidos, na síntese ou na degradação, devido à ação da microflora do intestino grosso (SAUER et al., 1977b; TANKSLEY JÚNIOR et al., 1981), e ainda por haver pouca ou nenhuma absorção de aminoácidos após a passagem pelo intestino delgado (LOW, 1980).

A proteína dietética está sujeita à degradação no trato digestivo pela ação das enzimas digestivas do animal e pela microflora intestinal (FULLER et al., 1994). Os valores de digestibilidade de aminoácidos, determinados a partir da digesta coletada próxima ao segmento posterior do intestino delgado, são geralmente considerados mais acurados para mensurar a absorção de aminoácidos nos suínos do que os valores de digestibilidade determinados a partir das fezes (HAYDON et al., 1984). Tem sido demonstrado que proteínas e aminoácidos que entram no intestino grosso apresentam pouco ou nenhum valor nutricional para o animal. Segundo Masom (1973), citado por FULLER et al. (1994), estes nutrientes são degradados, tendo como produto final NH_3 , que é absorvido e seguido de aumento na excreção de nitrogênio na urina, ou é incorporado na proteína microbiana que representa a maior parte do nitrogênio excretado nas fezes.

JUST et al. (1985) observaram que proteína ou aminoácidos metabolizados no intestino grosso não possuem valor nutricional para os suínos, uma vez que o nitrogênio resultante da fermentação microbiana é incorporado

aos próprios microorganismos ou é absorvido na forma de amônia ou aminas e eliminado pela urina. SCHMITZ et al. (1991), utilizando a homoarginina como modelo para se estimar a absorção de aminoácido no intestino grosso, constataram que menos de 10% do aminoácido infundido no ceco dos suínos foi absorvido, contribuindo desta forma com menos de 3% do total de proteína requerida para manutenção, o que corrobora o observado anteriormente por JUST et al. (1985), utilizando a lisina como modelo.

Amostragem ileal tem sido usada para estimar digestibilidade de aminoácidos desde a década de 70, quando EASTER e TANKSLEY JÚNIOR (1973) desenvolveram a metodologia para implantação de cânula reentrante íleo-cecal.

Segundo KÖHLER et al. (1991b), diferentes técnicas vêm sendo desenvolvidas na última década para se coletar digesta ileal, sendo usados, em geral, quatro diferentes métodos: 1. canulação do íleo anterior à válvula íleo-cecal (cânula T simples, cânula reentrante íleo-cecal); 2. canulação do intestino após a válvula (procedimento ileocólico pós valvular descrito por Darcy et al., 1980); 3. cânula pós-valvular em T (PVTC) de Van Leeuwen et al. (1991); e 4. anastomose íleo-retal (técnica de bypass do cólon descrita por Picard (1984), Darcy-Vrillon e Laplace (1985) e Souffrant et al. (1995).

Da mesma forma que a digestibilidade fecal, a digestibilidade ileal pode ser expressa como verdadeira ou aparente, dependendo se são ou não consideradas as correções feitas pelos aportes endógenos de compostos nitrogenados. A digestibilidade aparente, segundo LOW (1982), é definida como a diferença entre o total de aminoácidos presentes na dieta e na digesta ileal ou nas fezes, dividida pelo total de aminoácidos da dieta e a digestibilidade verdadeira é igualmente definida, exceto pela correção dos valores obtidos pelo total de aminoácidos endógenos, do metabolismo, presentes na digesta ileal ou nas fezes. A digestibilidade aparente de aminoácido corrigida pela perda endógena de aminoácido, determinada por via direta ou pelo método de regressão, é referida como digestibilidade verdadeira (SAUER e OZIMEK, 1986). Para estes autores, parece ser mais apropriado relatar a digestibilidade de

aminoácido em termos de digestibilidade aparente, visto que há a necessidade de se realizarem novos estudos para determinar o verdadeiro nível de aminoácido endógenos e os fatores que podem afetá-los na digesta ileal, reavaliando os métodos tradicionais até então aplicados.

O nitrogênio e os aminoácidos endógenos provêm principalmente das secreções no trato gastrointestinal da saliva, da bile e das secreções do estômago, pâncreas e intestino delgado e também da descamação das células superficiais do epitélio intestinal. De acordo com SOUFFRANT (1991), o nitrogênio observado no quimo ou nas fezes, quando se fornece uma dieta isenta de proteína (DIP), provém de enzimas, mucinas, amidas, aminos, bactérias e células de descamação da mucosa, durante a passagem do alimento ou do quimo, bem como é resultado do nitrogênio reabsorvido próximo ao local de coleta do quimo/fezes. Segundo este autor, os principais componentes dessas secreções endógenas são as mucoproteínas e enzimas digestivas, que são ricas em prolina, glicina, ácido glutâmico, asparagina, serina, alanina, treonina e valina.

FURUYA e KAJI (1989) observaram que os valores de digestibilidade verdadeira de aminoácidos podem ser determinados a partir dos valores de digestibilidade aparente, se for obtida a estimativa da perda endógena de cada aminoácido. Estes autores concluíram que a perda endógena de aminoácido pode ser estimada a partir da técnica de regressão, com suínos alimentados com dietas contendo quantidades crescentes de caseína, como a única fonte protéica, e a digestibilidade ileal verdadeira de aminoácido é mais acurada do que a digestibilidade aparente, visto que esta se reduz, quando a quantidade de aminoácido diminui na dieta.

De modo geral, métodos convencionais como o da dieta isenta de proteína e o da regressão são similares e normalmente subestimam os valores do nitrogênio de origem endógena. Por outro lado, as técnicas “alternativas”, como a técnica de diluição de isótopos e da homoarginina, concordam razoavelmente bem, quando dietas semelhantes são usadas, porém apresentam limitações para uso rotineiro. Assim, LAPLACE (1986) comenta que, do ponto de vista prático e

de rotina de laboratório, o método da dieta isenta de proteína parece ser o mais importante para a determinação do nitrogênio de origem endógena.

Muitas metodologias para digestibilidade “in vitro” da proteína e aminoácidos vêm sendo descritas, mas não têm sido amplamente aceitas, pois não apresentam correspondência com os valores determinados “in vivo”, requerem procedimentos complexos, demandam muito tempo e, conseqüentemente, são difíceis para a aplicação na rotina do controle de qualidade de alimentos (HSU et al., 1977) ou não são aplicáveis a qualquer tipo de alimento.

Pode-se concluir que as técnicas “in vitro” geralmente oferecem um processo de controle de qualidade rápido e preciso para “ranquear” previamente as amostras de alimentos, sendo posteriormente submetidas a análises acuradas dos valores absolutos de digestibilidade ileal dos aminoácidos (WILLIAMS, 1995).

Os métodos de digestibilidade ileal, quando comparados aos métodos “in vitro”, têm custos bem mais altos, elevada complexidade, exigem muito tempo para sua realização e só permitem a avaliação de uma fonte de proteína de cada vez. Apesar disso, refletem de forma mais exata as relações que existem entre os alimentos e o animal, permitindo analisar todos os alimentos (MEJÍA e FERREIRA, 1996).

2.2. Determinação da digestibilidade ileal de aminoácidos

A digestibilidade de aminoácidos tem sido estudada por meio de amostras coletadas no íleo terminal. Várias técnicas têm sido descritas, incluindo o uso de animais intactos (denominado método do abate ou método do sacrifício) e de animais modificados cirurgicamente (canulados ou anastomosados). Os métodos de canulação podem, por sua vez, ser classificados em três categorias: cânulas T simples, cânulas pós-valvular em T (PVCT) e cânulas reentrantes.

Análise ileal é o método mais comum para a determinação da digestibilidade dos alimentos com suínos, mas requer o uso de animais fistulados (LETERME et al., 1991a). De acordo com MOUGHAN e SMITH (1987), as cânulas T são artifícios eficientes para a coleta de digesta ileal e não há interferência na digestibilidade dos nutrientes. Os problemas relacionados ao uso de cânulas (simples ou reentrante) são conhecidos, principalmente a dificuldade em se obterem amostras representativas de digesta e o entupimento das cânulas (LETERME et al., 1991b).

A anastomose íleo-retal consiste na transecção completa do intestino e posterior fixação da parte terminal do íleo ao cólon imediatamente anterior ao reto, permitindo o trânsito direto de digesta do intestino delgado ao meio exterior, com ou sem remoção do intestino grosso da cavidade abdominal. A anastomose íleo-retal foi proposta como um método alternativo à canulação, com o objetivo de resolver os problemas relacionados com as cânulas (LAPLACE, 1986).

2.2.1. Cânula T simples

Entre os modelos de cânulas, o da cânula T para coleta de digesta ileal utiliza a cânula T inserida no íleo-terminal a aproximadamente 5 a 15 cm anterior à válvula íleo-cecal.

Durante o procedimento cirúrgico, não há necessidade de transecção completa do intestino (SAUER e de LANGE, 1992), o que garante a manutenção de um estado fisiológico do intestino e, por conseguinte, a passagem de digesta normalmente através do local de canulação (FULLER, 1991). A cirurgia é considerada simples e menos invasiva, quando comparada aos demais métodos cirúrgicos para a determinação da digestibilidade ileal de nutrientes, permitindo a realização dos ensaios de digestibilidade após recuperação cirúrgica de 14 dias (EASTER e TANKSLEY JUNIOR, 1973).

Os suínos são submetidos a um período de adaptação de 5 a 10 dias, durante os quais o consumo da dieta a ser testada é estabelecido e estabilizado,

após os quais se realizam as coletas. Normalmente, os animais são alimentados duas vezes ao dia e as amostras de digestas são coletadas por um período de 12 ou 24 horas, durante dois ou três dias.

Esta técnica de avaliação nutricional permite que os animais sejam alojados em gaiolas mais confortáveis e, por isso, menos estressantes do que aquelas semelhantes à descrita por PEKAS (1968) e normalmente utilizadas por animais submetidos à anastomose íleo-retal. Outra vantagem é que podem ser realizadas coletas por um longo período de tempo, sendo possível o uso de um mesmo grupo de suínos para maior número de análise, e também a coleta de amostras fecais, se necessário. A cânula T simples permite repetidas observações sobre a taxa de passagem e a composição da digesta, por poder ser inserida em um ou mais locais do intestino do suíno, permitindo a análise por períodos de várias semanas ou meses (LOW, 1980).

Esta técnica requer o uso de indicador de digestibilidade inerte, pois somente uma fração da digesta que passa pelo íleo terminal é coletada, o que pode ser uma fonte de erros, devido à dificuldade de se obter uma mistura uniforme do indicador na dieta e na digesta e, também, aos problemas analíticos da recuperação quantitativa do cromo nas amostras. Outra preocupação relacionada ao uso desta técnica inclui: diâmetro interno da cânula, fluxo de digesta de dietas de diferentes composições, tamanho das partículas da digesta e quantidade coletada e a duração de período de coleta de digesta para se obter uma amostra representativa (SAUER e de LANGE, 1992). O fluxo e a coleta de dietas ricas em alimentos fibrosos podem apresentar dificuldades, podendo envolver fracionamento dos componentes da dieta (FULLER, 1991).

2.2.2. Cânula pós-valvular em T (PVTC)

Esta técnica envolve a remoção do ceco, com exceção da região do esfíncter íleo cecal, a qual é preparada para a implantação da cânula (VAN LEEUWEN et al., 1991). Esta técnica primeiramente sugerida por VAN LEEUWEN (1988) permite coleta quantitativa da digesta ileal, não sendo

necessário o uso de indicadores de digestibilidade. A pressão exercida pela digesta força a abertura da válvula íleocecal dentro da cânula, quando esta está aberta, permitindo o fluxo livre e contínuo de digesta através da cânula para o tubo coletor fixado externamente à cânula. Quando a cânula está fechada, a digesta flui diretamente para o cólon, o que permite a coleta total de fezes se necessário.

A técnica cirúrgica é um pouco mais complicada que a técnica para implantação de cânula T simples, porém permite adequada determinação da digestibilidade ileal de dietas contendo altos níveis de fibra e causa, segundo VAN LEEUWEN (1988), pouco desconforto ao animal. Entretanto, desconhecem-se os possíveis danos à fisiologia do trato digestivo devido à cecotomia.

KÖHLER et al. (1991b), em uma série de trabalhos comparando várias técnicas de determinação da digestibilidade ileal com suínos, não observaram diferenças nos resultados determinados com animais submetidos à técnica de PVTC, quando comparada ao modelo de cânula T simples e cânulas reentrantes. Os autores concluíram que a técnica de PVTC é uma alternativa apropriada para avaliação da digestibilidade ileal dos aminoácidos com suínos.

2.2.3. Cânulas reentrantes

Diferentes modelos de cânulas reentrantes têm sido descritos como os modelos íleo-ileal (CUNNINGHAM et al. 1963), íleo-cecal (EASTER e TANKSLEY JÚNIOR, 1973) ou íleo-cólico (pós-valvular), proposto por pesquisadores franceses (DARCY et al., 1980), sendo os dois últimos modelos desenvolvidos na tentativa de solucionar os problemas iniciais do modelo íleo-ileal, que são a completa secção do intestino delgado e suas conseqüências sobre a fisiologia do órgão e a alta incidência de obstrução das cânulas (FULLER, 1991; SAUER e de LANGE, 1992). Os modelos de cânulas reentrantes permitem a coleta total de digesta, dispensando o uso de indicadores na dieta.

Alimentos com alto teor de fibra ou alta viscosidade provocam alta incidência de obstrução da cânula (NYACHOTI et al., 1997). A infusão de uma solução salina na parte proximal da cânula reentrante tem sido sugerida para solucionar os problemas de obstrução, embora seja mais trabalhosa (VAN LEEUWEN, 1987). Restrição no consumo é outro artifício usado para solucionar este problema, porém este procedimento pode ser outra fonte de erro na determinação da digestibilidade ileal de aminoácidos. A técnica exige a secção completa do intestino delgado (cânula reentrante íleo-ileal), podendo alterar a fisiologia intestinal, além de ser um modelo mais complicado do ponto de vista cirúrgico.

A inserção de cânulas simples ou reentrantes não parece exercer efeitos significativos sobre o processo de digestão dos suínos, bem como o uso de alimentação restrita não parece ser problema para a determinação dos valores de digestibilidade de aminoácidos (SAUER et al., 1982).

2.2.4. Anastomose íleo-retal

Os primeiros a sugerirem a técnica de anastomose íleo-retal foram FULLER e LIVINGSTONE (1982) e, posteriormente, outros pesquisadores sugeriram modificações (GREEN et al., 1987; LOPES et al., 1998), existindo uma variedade de técnicas descritas na literatura.

A principal vantagem da anastomose íleo-retal é que a digesta é facilmente coletada direto do ânus e em quantidade suficiente para as análises. Este método é importante para dietas contendo subprodutos fibrosos (KÖHLER et al., 1991a).

LAPLACE et al. (1994) compararam o efeito de quatro modelos de anastomose íleo-retal com suínos. Os modelos avaliados foram o término-terminal e término-lateral, ambos com ou sem a permanência da válvula íleo-cecal. Estes autores concluíram que o modelo de anastomose término-terminal, sem a permanência da válvula íleo-cecal, foi o mais apropriado para os estudos de digestibilidade de proteína, ao passo que os modelos de anastomose término-

lateral não apresentaram resultados satisfatórios, principalmente em função do refluxo de digesta no intestino grosso e da interferência de sua flora microbiana. Do mesmo modo, GREEN et al. (1987), avaliando os modelos de anastomose íleo-retal pré e pós-valsular, concluíram que o modelo pós-valsular não apresentou melhora sobre o modelo pré-valsular (de cirurgia mais simples), quanto aos resultados de digestibilidade.

LOPES et al. (1998) propõe um modelo de anastomose íleo-retal término-terminal, no qual, em vez da colocação da cânula para eliminação de gases do intestino grosso, faz-se uma colostomia através da sutura do cólon à pele. Posteriormente, FONTES et al. (1998), avaliando a digestibilidade ileal aparente de aminoácidos de alguns alimentos com suínos, utilizando o modelo descrito por LOPES et al. (1998), observaram que os valores dos coeficientes de digestibilidade de aminoácidos de uma dieta inicial foram coerentes com os referenciados em tabelas de digestibilidade de aminoácido (RHONE POULENC, 1993).

Darcy-Vrillon e Laplace (1985), citados por FONTES (1998), constataram, em estudos com animais submetidos à anastomose íleo-retal e com cânula íleo-cólica pós-valsular, coeficientes de digestibilidade de nitrogênio e aminoácidos similares entre as duas técnicas, quando os suínos foram submetidos a uma dieta à base de cevada, milho e farelo de soja, ou com uma dieta à base de farelo de trigo. Entretanto, para uma dieta à base de polpa de beterraba, os coeficientes de digestibilidade de nitrogênio e aminoácidos foram significativamente menores para os animais submetidos à anastomose íleo-retal término-terminal. LAPLACE (1986) comenta que esses resultados podem estar associados à ausência da válvula íleo-cecal e do tempo de permanência do alimento no íleo, visto que a polpa de beterraba normalmente apresenta trânsito intestinal rápido. Porém, como citado em estudos posteriores, LAPLACE et al. (1994) não observaram diferenças nos valores de digestibilidade dos aminoácidos, quando se utilizou o modelo de anastomose íleo-retal com ou sem válvula íleo-cecal, concluindo que o modelo de anastomose íleo-retal sem

válvula, por ser mais simples, foi o mais apropriado para esses estudos. Os estudos anteriores de GREEN (1988) concordam com estas observações.

FULLER (1991) comparou a digestão de suínos mantidos com anastomose íleo-retal e com cânulas T simples por um período de dois anos. Estes autores observaram que a destruição funcional do intestino grosso causou modificações na fisiologia digestiva dos animais submetidos à anastomose, visto que afetou grandemente a absorção de água e eletrólitos, sendo necessária a suplementação de sódio e outros minerais. A consistência da digesta ileal, inicialmente, foi semelhante à dos suínos submetidos à canulação, porém, com maior tempo decorrido desde a cirurgia, a consistência das fezes foi alterada, tornando-se mais consistente, indicando maior retenção de água, o que pôde ser reafirmado pela menor frequência das evacuações. Essas alterações sugeriram modificação progressiva da função intestinal, o que pôde ser confirmado com 26 semanas após a cirurgia, a partir de mudanças histológicas no íleo, com hipertrofia do músculo liso, aumento do número de células globet, alongamento das críptas e atrofia dos enterócitos do ápice das vilosidades. A concentração de ácidos gráxos voláteis na digesta também esteve mais elevada, quando comparada à dos suínos canulados. Essas mudanças sugerem que houve adaptação do íleo, que assumiu algumas funções do intestino grosso, sendo evidenciada a alteração da digestão da matéria orgânica, não se alterando, contudo, a digestão do nitrogênio.

KÖHLER et al. (1991b), em uma série de trabalhos comparando metodologias para a determinação da digestibilidade ileal com suínos, não observaram diferenças nos resultados determinados com animais submetidos à técnica de PVTC, quando comparados aos da cânula T simples e cânulas reentrantes. Porém, quando comparados com os animais submetidos à anastomose íleo-retal, apresentaram aumento na digestibilidade da matéria seca, o que pode ser explicado pelo aumento da fermentação bacteriana, indicado pela maior concentração de ácidos gráxos voláteis na digesta destes animais. Ressaltam, ainda, que a atividade bacteriana e a síntese de proteína bacteriana podem influenciar a digestibilidade dos aminoácidos.

LETERME et al. (1991b), avaliando a taxa de passagem de digesta com suínos submetidos à anastomose íleo-retal e com suínos adaptados com cânula T simples, observaram aumento da taxa de passagem com os animais submetidos à anastomose.

2.3. Fatores que podem interferir na digestibilidade ileal de aminoácidos

Segundo WILLIAMS (1995), entre os fatores que influenciam a digestibilidade ileal dos alimentos estão incluídos o nível de alimentação, os efeitos associativos entre os alimentos, o tamanho da partícula, o tipo de amido e os efeitos do processamento dos alimentos.

As condições de processamento e estocagem podem produzir benefícios ou danos aos nutrientes presentes nos alimentos. Para SWAISGOOD e CATIGNANI (1991), muitas variáveis afetam química e fisicamente as interações entre os nutrientes nos alimentos, como as variações de temperatura durante o processamento, a concentração e as características dos nutrientes, a atividade da água, o tempo e a temperatura de estocagem e também o pH; conseqüentemente, é extremamente difícil prever a qualidade nutricional dos alimentos submetidos a todos esses efeitos.

MAYNARD et al. (1984) relataram que os inibidores da tripsina e quimiotripsina prejudicam a digestibilidade da proteína, tendo sido observadas hipertrofia do pâncreas e redução da energia disponível do alimento. O aquecimento excessivo e a estocagem prolongada podem acarretar prejuízos à qualidade da proteína, devido à ligação entre radicais amino livres da cadeia polipeptídica e grupos aldeídicos de açúcares redutores na formação de um amino-açúcar, que prejudica a hidrólise de peptídeos pela tripsina.

Ruckebush e Bueno (1976), citados por HAYDON et al. (1984), reportaram redução da motilidade do estômago e do intestino delgado em suínos alimentados uma ou duas vezes ao dia, quando comparados com suínos alimentados à vontade. 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, conseqüentemente, afetar a digestibilidade. HAYDON et al. (1984) observaram redução nos valores de digestibilidade ileal aparente da matéria seca, do nitrogênio e de aminoácidos (isoleucina, leucina, metionina, fenilalanina, valina e tirosina), quando o nível de alimentação foi reduzido de 4,5 para 3,0% do peso corporal.

LI e SAUER (1994) observaram aumento linear nos coeficientes de digestibilidade ileal da proteína bruta e dos aminoácidos, com exceção de metionina, cisteína e serina, com suínos, quando os níveis de inclusão de óleo de canola foram aumentados nas dietas. O retardo no enchimento gástrico, quando se aumentam os níveis de gordura dietética, relatado por Hunt e Knox (1968), citados por LI e SAUER (1994), pode resultar em menor taxa de passagem da digesta pelo intestino delgado e, conseqüentemente, maior digestibilidade dos aminoácidos.

Segundo DONKOH et al. (1994), quando a ingestão de matéria seca é semelhante e os níveis de proteína bruta ingeridos são diferentes, quantidade semelhante de material endógeno indigerido no íleo terminal contribuirá desproporcionalmente na determinação da digestibilidade aparente. Por isto, a digestibilidade aparente é influenciada pelo nível de proteína na dieta (FURUYA e KAJI, 1989).

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

MITARU et al. (1984) testaram diferentes fontes de fibra com suínos e observaram menores coeficientes de digestibilidade aparente da proteína bruta e aminoácidos na dieta que continha maior concentração de lignina, atribuindo tal redução à capacidade da lignina em adsorver os aminoácidos, devido à interação hidrofóbica estabelecida.

A digestibilidade dos aminoácidos pode ser afetada pelas propriedades físicas e químicas das proteínas. PARSONS (1985) comentou que proteínas com alto teor de cisteína e pontes bissulfídicas são particularmente resistentes às enzimas digestivas e a seqüência dos aminoácidos pode ser responsável pela baixa digestibilidade de algumas proteínas, em decorrência da limitada disponibilidade de pontos para clivagem das mesmas por meio das enzimas proteolíticas.

LOW (1980) relatou que a ausência de proteína na dieta isenta de proteína pode afetar o metabolismo normal da proteína do corpo e reduzir a secreção de compostos nitrogenados no lúmen intestinal, o que resultaria em uma avaliação subestimada das perdas dos aminoácidos endógenos totais. Por outro lado, FULLER e CADENHEAD (1991) observaram menor teor de nitrogênio de origem endógena em suínos alimentados com dietas isentas de proteína adicionadas de caseína e aminoácidos sintéticos, quando comparados a suínos alimentados com uma dieta isenta de proteína (4,3 e 5,8 g/dia, respectivamente).

A secreção e, ou, reabsorção de nitrogênio endógeno é influenciada por diversos fatores, incluindo peso corporal, conteúdo e qualidade da proteína, fibra e gordura dietética, ingestão de matéria seca e presença de fatores antinutricionais (LI e SAUER, 1994; LI et al., 1994; e DONKOH et al., 1994).

SAUER et al. (1977b), trabalhando com diferentes níveis de fibra bruta em dietas isentas de proteína, constataram que a ingestão decresceu, à medida que se aumentou o nível de fibra bruta, o que também pôde ser observado com relação à digestibilidade dos aminoácidos.

A excreção de aminoácidos endógenos é influenciada pela proteína da dieta, pelo teor de fibra e pela presença de fatores antinutricionais (SAUER e OZIMEK, 1986). O tanino, segundo estes autores, deve ligar-se à proteína e aos aminoácidos, formando complexos resistentes às enzimas proteolíticas, ou ligar-se diretamente às enzimas, afetando a digestão das fontes endógena e exógena.

CAPÍTULO 1

**DIGESTIBILIDADE ILEAL APARENTE E VERDADEIRA DE
PROTEÍNA E AMINOÁCIDOS DE ALIMENTOS PROTÉICOS,
DETERMINADA
PELA TÉCNICA DA CÂNULA T SIMPLES COM SUÍNOS**

1. INTRODUÇÃO

A constante avaliação nutricional dos alimentos tem permitido a melhor adequação dos nutrientes ingeridos às necessidades produtivas dos suínos, permitindo que estes expressem todo o seu potencial genético para a produção.

A digestibilidade de proteína e aminoácidos, determinada pelo método de análise fecal, não reflete as quantidades destes nutrientes disponíveis para a absorção e subsequente síntese protéica (SAUER et al., 1982), visto que não considera a ação da microflora do intestino grosso sobre as proteínas e os aminoácidos. Conforme LAPLACE (1986), a análise fecal resulta em erros na determinação da digestibilidade, que pode ser superestimada, quando ocorre degradação do nitrogênio e da proteína no intestino grosso, ou subestimada, quando há síntese. Desde que a digestão e a absorção da maioria dos nutrientes são essencialmente completas no intestino delgado, um índice mais acurado de utilização pode ter como base amostras coletadas no íleo terminal (EASTER e TANKSLEY JÚNIOR, 1973).

Assim, diversas técnicas têm sido utilizadas para se obter a digestibilidade de aminoácidos nos alimentos para suínos, mas a análise de amostras de digesta coletadas no íleo terminal tem recebido atenção especial dos pesquisadores. Para a coleta destas amostras existem várias técnicas. A coleta de digesta no íleo terminal de suínos por meio da implantação da cânula T simples tem apresentado vantagens, como por exemplo simplicidade da cirurgia, menor período de recuperação pós-cirúrgico e menor alteração da fisiologia digestiva, quando comparada às outras técnicas de avaliação nutricional, o que concorrem para sua utilização sistemática na avaliação nutricional dos alimentos.

Nesse sentido, propôs-se este trabalho com o objetivo de se determinar a digestibilidade ileal aparente e verdadeira de proteína e aminoácidos de alimentos protéicos, utilizando-se a cânula T simples com suínos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio de digestibilidade foi conduzido no Setor de Suinocultura, do Departamento de Zootecnia, do Centro de Ciência Agrárias, da Universidade Federal de Viçosa, no período de 12 de novembro a 18 de dezembro de 1998.

A implantação da cânula T simples, utilizando a técnica descrita por HORSZCZARUK et al. (1972) e EASTER e TANKSLEY JÚNIOR (1973), foi realizada no Centro Cirúrgico de Grandes Animais, do Departamento de Veterinária, da Universidade Federal de Viçosa. Foram utilizados quatro suínos mestiços (Landrace x Large White), machos castrados, com peso médio de 30 kg.

Após a cirurgia, os animais foram medicados com sulfadiazina-trimetoprim (30 mg/kg, IM, 12-12h) e dipirona sódica (22 mg/kg, IM, 12-12h) por cinco dias. Os animais foram mantidos em jejum sólido durante os dois primeiros dias pós-cirúrgicos e receberam água à vontade e, a partir do terceiro dia, foram fornecidas quantidades crescentes da dieta de recuperação (Quadro 1), até o início do período experimental.

Quadro 1 – Composição centesimal da dieta de recuperação¹

Ingredientes	%
Milho	51,45
Farelo de soja	30,60
Açúcar	5,00
Leite em pó	8,00
Óleo vegetal	1,00
Fosfato bicálcico	1,97
Calcário	1,01
Sal	0,60
Suplemento mineral ²	0,07
Suplemento vitamínico ³	0,25
Antibiótico ⁴	0,05
Total	100,00
Composição calculada ⁵	
Proteína bruta (%)	21,08
Energia digestível (kcal/kg)	3440
Cálcio (%)	0,93
Fósforo total (%)	0,68
Lisina (%)	1,21

¹ Valores expressos na matéria natural.

² Composição por 500 g de mistura: ferro 90,0 g; cobre 10,0 g; cobalto 2,0 g; manganês 40,0 g; zinco 70,0 g e iodo 2,0 g.

³ Composição por kg de mistura: Vitamina A 10.000.000 UI; Vitamina D₃ 1.000.000 UI; Vitamina E 15.000 UI; Vitamina B₁ 1,5 g; Vitamina B₂ 3,0 g; Vitamina B₆ 1,5 g; ácido pantotênico 12,0 g; Vitamina C 30,0 g; Vitamina K₃ 12,5 g, ácido nicotínico 22,0 g, antioxidante 20,0 g e Vitamina B₁₂ 2,0 mg.

⁴ Virginamicina.

⁵ Valores calculados a partir das Tabelas Brasileiras de Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais de Aves e Suínos (ROSTAGNO et al., 1994).

Os suínos foram examinados diariamente por um período de 14 dias após a cirurgia, tendo sido avaliados comportamento, temperatura retal, apetite, aspecto e consistência das fezes, passagem de digesta através da cânula e aspecto da ferida cirúrgica e da cânula. A sutura de pele na linha de incisão abdominal foi retirada 10 dias após a cirurgia.

Durante o período de recuperação pós-cirúrgico, os animais foram alojados, individualmente, em baias de alvenaria, no Setor de Suinocultura, do Departamento de Zootecnia, nas quais permaneceram até o completo restabelecimento pós-cirúrgico, tendo sido transferidos para as gaiolas de metabolismo após 14 dias.

Os suínos foram alojados durante o período experimental em gaiolas de metabolismo metálicas, em sala de alvenaria, telhado de telha de barro e janelas de vidro tipo basculante. Os suínos foram submetidos a um período de adaptação às gaiolas de metabolismo de sete dias antes do início do período experimental.

O ensaio de digestibilidade foi conduzido na forma de quadrado latino 4x4. Os suínos receberam as dietas experimentais distribuídas ao acaso após cada repetição, evitando-se que o mesmo animal recebesse a mesma dieta em repetições diferentes.

Os animais foram submetidos a um período de cinco dias de adaptação às dietas experimentais (TANKSLEY JÚNIOR e KNABE, 1984; BELLAVER, 1989), seguido de um período de coleta de digesta de dois dias (TAVERNER et al., 1981; SAUER et al., 1982; PARTRIDGE et al., 1987; e BELLAVER, 1989).

Os alimentos analisados foram: farelo de soja (FS), glúten de milho (GM), farinha de carne e ossos (FCO) e farinha de sangue (FSA), cujas composições químicas se encontram no Quadro 2.

As dietas experimentais, cada uma com um alimento protéico distinto (Quadro 3), foram formuladas para conter 13% de proteína bruta e 1,85% de fibra bruta e denominadas T₁, T₂, T₃ e T₄, respectivamente, para o FS, o GM, a FCO e a FSA. Foi utilizada uma dieta isenta de proteína (DIP), ao final do período de análise dos alimentos protéicos, para se determinar a excreção endógena de aminoácidos (Quadro 3).

As dietas experimentais foram formuladas para conter níveis semelhantes de cálcio e fósforo (exceto com a FCO), vitaminas e minerais, segundo ROSTAGNO et al. (1994), e também 0,25% de óxido crômico, como indicador da digestibilidade, conforme BELLAVER (1989).

Quadro 2 – Composição percentual média dos alimentos analisados ¹

Aminoácidos ²	Alimentos			
	Farelo de soja	Glúten de milho	Farinha de carne e ossos	Farinha de sangue
Matéria seca ³	86,600	90,530	91,780	88,710
Proteína bruta ³	44,220	62,310	40,230	79,200
Ácido aspártico	5,440	4,030	3,090	8,890
Ácido glutâmico	8,500	14,430	4,800	7,830
Alanina	2,050	5,950	3,410	7,000
Arginina	3,420	2,050	3,030	3,320
Cisteína	0,700	1,140	0,280	0,710
Fenilalanina	2,380	4,150	1,310	6,070
Glicina	2,050	1,660	6,890	3,650
Histidina	1,240	1,340	0,660	4,380
Isoleucina	2,140	2,610	1,020	0,700
Leucina	3,620	11,270	2,320	10,810
Lisina	2,870	0,990	1,980	7,420
Met+Cis	1,370	2,560	0,810	1,760
Metionina	0,660	1,420	0,530	1,050
Serina	2,430	3,410	1,570	4,560
Tirosina	1,760	3,470	0,850	2,650
Treonina	1,830	2,120	1,250	4,340
Triptofano	0,610	0,311	0,203	1,326
Valina	2,280	2,980	1,067	7,340

¹ Valores expressos na matéria natural.

² Análises realizadas na Ajinomoto Animal Nutrition, Paris, França.

³ Análises realizadas no Laboratório de Nutrição Animal, do Departamento de Zootecnia, da UFV.

Quadro 3 – Composição centesimal das dietas experimentais¹

Ingrediente	Dietas				
	T1	T2	T3	T4	DIP
Farelo de soja	28,260	-	-	-	-
Glúten de milho	-	21,000	-	-	-
Farinha de carne e ossos	-	-	31,000	-	-
Farinha de sangue	-	-	-	16,100	-
Açúcar	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000
Amido	59,435	62,485	54,565	66,990	82,790
Casca de arroz	0,040	4,060	3,510	4,510	4,680
Calcário	0,590	0,640	-	0,575	0,575
Fosfato bicálcico	0,750	0,890	-	0,900	1,030
Suplemento mineral ²	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Suplemento vitamínico ³	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Sal	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
Bacitracina de zinco	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025
Óxido crômico	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250
TOTAL	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000
Composição calculada ⁴					
Matéria seca (%)	89,69	90,41	90,58	90,10	90,00
Proteína bruta (%)	13,00	13,00	13,00	13,00	0,14
Energia digestível (kcal/kg)	3571	3690	3011	3368	3501
Fibra bruta (%)	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85
Cálcio (%)	0,50	0,50	4,20	0,50	0,50
Fósforo total (%)	0,29	0,24	2,06	0,19	0,20
Lisina total (%)	0,82	0,28	0,54	1,03	-

¹ Valores expressos na matéria natural.

² Composição por 500 g de mistura: ferro 90,0 g; cobre 10,0 g; cobalto 2,0 g; manganês 40,0 g; zinco 70,0 g e iodo 2,0 g.

³ Composição por kg de mistura: Vitamina A 10.000.000 UI; Vitamina D₃ 1.000.000 UI; Vitamina E 15.000 UI; Vitamina B₁ 1,5 g; Vitamina B₂ 3,0 g; Vitamina B₆ 1,5 g; ácido pantotênico 12,0 g; Vitamina C 30,0 g, Vitamina K₃ 12,5 g, ácido nicotínico 22,0 g, antioxidante 20,0 g e Vitamina B₁₂ 2,0 mg.

⁴ Valores calculados a partir das Tabelas Brasileiras de Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais de Aves e Suínos (ROSTAGNO et al., 1994).

As dietas foram fornecidas duas vezes ao dia, às 7 e 19h, durante o período experimental, dividindo-se quantitativamente o volume diário entre os arraçoamentos. As dietas foram diluídas, na proporção de dois litros de água por cada quilograma de dieta, antes de serem fornecidas aos animais, para facilitar a ingestão e evitar o desperdício (HAYDON et al., 1984). As dietas foram fornecidas à vontade durante os dois primeiros dias de cada período de adaptação às dietas experimentais. A partir do terceiro dia, até o final de cada período de coleta, todos os suínos foram igualmente alimentados com base no tratamento de menor consumo durante os dois primeiros dias de cada período de adaptação (LIN et al., 1987). Ajustes no consumo foram realizados no início de cada período de coletas. A água foi fornecida à vontade durante todo período experimental. As sobras dos arraçoamentos foram coletadas, secas e subtraídas do fornecido para se estabelecer o volume absoluto consumido.

As amostras de digesta foram obtidas durante o intervalo de doze horas entre os arraçoamentos da manhã e da noite de cada um dos dois dias do período de coletas (TAVERNER et al., 1981; TANKSLEY JÚNIOR e KNABE, 1984; BELLAVER, 1989). As coletas foram realizadas usando sacos plásticos de 5x20 cm conectados às cânulas, que foram trocados a cada coleta. As amostras foram coletadas a cada duas horas ou quando os sacos de coleta estavam repletos. Imediatamente após cada coleta, as amostras de digesta de um mesmo animal foram colocadas em saco plástico e ao final de cada dia de coleta foram pesadas e armazenadas a -20°C para posteriores análises. Diariamente, às 7h15 e 19h15, realizaram-se as mensurações de temperaturas de máxima e mínima no interior da sala de alvenaria.

As amostras de digesta foram descongeladas e homogeneizadas e, em seguida, retirou-se um volume de 300 mL para liofilização. Após a liofilização,

as amostras de digesta foram mantidas em temperatura ambiente, por uma hora, para entrar em equilíbrio com a umidade do ar, pesadas, moídas e acondicionadas em recipientes de vidro com tampa para análises posteriores. As amostras analisadas foram compostas da digesta de dois animais de um mesmo tratamento.

Foram determinados os teores de matéria seca e proteína bruta nos alimentos e os teores de matéria seca, proteína bruta e cromo nas dietas e nas amostras de digesta ileal, no Laboratório de Nutrição Animal, do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, de acordo com as metodologias descritas por SILVA (1990), enquanto as análises de aminoácidos nos alimentos e nas amostras de digesta ileal foram realizadas por cromatografia de troca iônica, nos laboratórios da Ajinomoto Animal Nutrition, Paris, França.

A determinação da digestibilidade ileal aparente e verdadeira da matéria seca, da proteína bruta e dos aminoácidos dos alimentos analisados foi obtida utilizando-se as seguintes fórmulas:

1 – Fator de indigestibilidade (FI)

$$FI = \frac{Cr_2O_3 \text{ dieta}}{Cr_2O_3 \text{ digesta}}$$

2 – Coeficiente de digestibilidade da matéria seca (CMSD)

$$MSD (\%) = 100 - (FI_1 \times 100)$$

em que

FI₁ = fator de indigestibilidade da dieta testada

3 – Coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta (CDapPB)

$$CDapPB (\%) = \frac{PB \text{ dieta} - (PB E_1 \times FI_1) \times 100}{PB \text{ dieta}}$$

em que

E₁ = digesta da dieta testada

4 – Coeficiente de digestibilidade verdadeira da proteína bruta (CDvPB)

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

em que

PBe = proteína bruta endógena excretada na digesta ileal

FI₂ = fator de indigestibilidade da dieta isenta de proteína (DIP)

5 – Coeficiente de digestibilidade aparente de aminoácidos (CDapAA) - (ROSTAGNO e FEATHERSTON, 1977)

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

6 – Coeficiente de digestibilidade verdadeira de aminoácidos (CDvAA) - (ROSTAGNO e FEATHERSTON, 1977)

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

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o período experimental, a temperatura variou de $22,48 \pm 1,11$ a $24,83 \pm 1,70^{\circ}\text{C}$ e o peso corporal dos suínos, de $57,53 \pm 3,02$ a $65,02 \pm 4,10$ kg.

Os consumos médios de matéria seca diários dos tratamentos contendo farelo de soja (FS), glúten de milho (GM), farinha de carne e ossos (FCO) e farinha de sangue (FSA) foram 2,04; 2,10; 1,93; e 2,10%, respectivamente, do peso corporal médio dos suínos. JORGENSEN et al. (1981), alimentando suínos com níveis de 1,4 a 2,8% do peso corporal, observaram que estas variações na ingestão de alimento não influenciaram os coeficientes de digestibilidade dos aminoácidos.

Os consumos e os coeficientes de digestibilidade ileal da matéria seca (CDMS) das dietas experimentais e os coeficientes de digestibilidade ileal aparente (CDapPB) e verdadeira (CDvPB) de proteína bruta dos alimentos analisados são apresentados no Quadro 4.

Quadro 4 – Consumos e coeficientes de digestibilidade ileal da matéria seca (CDMS) das dietas experimentais e coeficientes de digestibilidade ileal aparente (CDapPB) e verdadeira (CDvPB) de proteína bruta de quatro alimentos, com suínos, utilizando-se cânula T simples¹

	Tratamentos			
	T1	T2	T3	T4
	Farelo de soja	Glúten de milho	Farinha de carne e ossos	Farinha de sangue
Consumo (g/dia) ²	1387,00	1388,00	1314,00	1384,00
CDMS (%)	78,42 ± 2,21	85,50 ± 0,64	73,96 ± 2,74	84,23 ± 0,82
CDapPB (%)	72,00 ± 1,45	73,52 ± 2,38	53,71 ± 2,66	46,58 ± 2,38
CDvPB (%)	88,40 ± 1,45	89,50 ± 2,38	70,5 ± 2,66	63,20 ± 2,66

¹ Análises realizadas no Laboratório de Nutrição Animal, do Departamento de Zootecnia, da UFV.

² Valores expressos na matéria natural.

Os valores de CDvPB do FS (88,40%) e do GM (89,50%), determinados neste trabalho, foram superiores aos apresentados por RHÔNE POULENC (1993), que correspondem a 84,00 e 86,00%, respectivamente.

O CDvPB obtido para a FCO (70,50%) foi semelhante ao determinado por EUROLYSINE (1995), que corresponde a 69,70%, porém diferente do determinado por RHÔNE POULENC (1993), que foi de 81,00%. Existe grande variação entre os coeficientes de digestibilidade de proteína bruta de diferentes amostras de FCO, o que pôde ser observado por WILLIAMS (1995), a partir da variação dos CDvPB de amostras de FCO de 63,60 a 79,30%. Os baixos coeficientes de digestibilidade determinados para a FCO, neste trabalho, podem estar associados à qualidade inferior, quando comparada a outras FCO. A baixa concentração de proteína bruta (40,23%) de aminoácidos e também a observação de grande quantidade de esquirolas ósseas na FCO, neste trabalho, indicaram a qualidade inferior desta amostra, o que também é sugerido pelos baixos coeficientes de digestibilidade determinados.

ROSTAGNO et al. (1987) relataram que FCO com teores de proteína bruta de 40,40; 45,20; 50,20; 55,00; e 61,40% apresentaram CDapPB de 78,47; 81,19; 84,06; 88,73; e 88,76%, respectivamente, podendo-se observar que os CDap aumentaram com o aumento dos teores de proteína bruta. Esta grande variação observada nos coeficientes de digestibilidade deve-se, em parte, à grande diversidade de subprodutos de abatedouros incorporados para a composição de FCO (recortes e aparas de carne, ligamentos, mucosas, fetos, placentas, orelhas, ponta de caudas e órgãos não-comestíveis) que apresentam grande variação na composição química e também na digestibilidade dos seus nutrientes. Esta diferença torna-se ainda maior, quando outros subprodutos de abatedouro, como couro, chifres, escamas, pêlos e penas, que apesar de proibidos pela legislação, são incorporados às FCO. Isto porque estes subprodutos apresentam baixa digestibilidade e contêm altas concentrações de colágeno e queratina, que implicam em concentrações relativamente baixa de triptofano nestes subprodutos.

A FSA obtida neste trabalho apresentou baixos coeficientes de digestibilidade de proteína bruta e aminoácidos. A digestibilidade dos nutrientes da FSA está diretamente relacionada ao processamento empregado e ao método de obtenção, bem como à presença de outros subprodutos e resíduos do abatedouro.

KNABE et al. (1989) analisaram três amostras de FSA processadas por “ring-drying” e obtiveram CDapPB de 86,00; 86,00; e 89,00%. RHÔNE POULENC (1993) indicou a FSA como boa fonte de proteína e aminoácidos e apresentou CDapPB e CDvPB de 85,00 e 89,00%, respectivamente, sendo igualmente superiores aos determinados neste trabalho (46,58 e 63,20%, respectivamente).

Os coeficientes de digestibilidade ileal aparente (CDapAA) e verdadeira (CDvAA) de aminoácidos dos alimentos analisados são apresentados nos Quadros 5 e 6, respectivamente.

Os valores médios de proteína bruta e de aminoácidos endógenos ileais, determinados utilizando-se uma dieta isenta de proteína (DIP), são apresentados no Quadro 7.

Quadro 5 – Coeficientes de digestibilidade ileal aparente de aminoácidos (CDapAA) dos alimentos protéicos com base na coleta de digesta ileal, utilizando cânula T simples, com suínos ¹

Aminoácidos ²	Alimentos			
	Farelo de soja	Glúten de milho	Farinha de carne e ossos	Farinha de sangue
Arginina	90,84 ± 1,43	81,64 ± 1,38	78,34 ± 3,06	62,43 ± 2,30
Fenilalanina	83,16 ± 1,33	83,50 ± 2,03	60,73 ± 1,53	57,72 ± 0,59
Histidina	87,68 ± 1,14	84,45 ± 2,13	62,70 ± 1,85	66,00 ± 1,33
Isoleucina	81,15 ± 1,51	77,28 ± 0,57	53,07 ± 1,73	28,86 ± 5,73
Leucina	81,28 ± 1,48	86,85 ± 2,72	57,82 ± 1,60	57,47 ± 0,87
Lisina	89,79 ± 1,36	68,37 ± 1,74	63,81 ± 2,41	69,92 ± 4,67
Metionina	87,61 ± 1,30	86,40 ± 3,25	65,95 ± 3,29	60,63 ± 3,43
Treonina	71,63 ± 2,27	72,29 ± 1,25	53,36 ± 3,25	55,20 ± 1,78
Triptofano	74,81 ± 2,01	46,78 ± 2,85	23,49 ± 3,26	59,43 ± 2,07
Valina	76,18 ± 1,88	76,22 ± 0,55	51,97 ± 1,75	55,67 ± 2,54
Ácido aspártico	82,40 ± 1,70	75,20 ± 1,04	44,87 ± 4,60	55,85 ± 0,74
Ácido glutâmico	86,16 ± 1,25	86,29 ± 3,28	61,59 ± 1,40	56,32 ± 2,61
Alanina	70,54 ± 2,65	82,55 ± 2,33	65,59 ± 2,25	57,10 ± 0,64
Cisteína	71,75 ± 2,26	73,16 ± 0,32	22,47 ± 3,39	40,65 ± 1,19
Glicina	68,11 ± 2,52	56,91 ± 7,23	68,03 ± 1,13	50,04 ± 2,73
Serina	80,48 ± 1,58	83,42 ± 2,56	59,59 ± 1,82	60,20 ± 1,38
Tirosina	82,94 ± 1,92	84,88 ± 2,18	55,31 ± 1,95	63,53 ± 0,32
MÉDIA	80,38	76,83	55,81	56,30

¹ Valores expressos em porcentagem.

² Análises realizadas na Ajinomoto Animal Nutrition, Paris, França.

Quadro 6 – Coeficientes de digestibilidade ileal verdadeira de aminoácidos (CDvAA) de alimentos protéicos com base na coleta de digesta ileal, utilizando cânula T simples, com suínos¹

Aminoácidos ²	Alimentos			
	Farelo de soja	Glúten de milho	Farinha de carne e ossos	Farinha de sangue
Arginina	96,21 ± 1,43	93,97 ± 1,38	84,00 ± 3,06	72,47 ± 1,19
Fenilalanina	92,30 ± 1,33	90,70 ± 2,03	76,19 ± 1,53	64,21 ± 0,59
Histidina	95,17 ± 1,14	93,98 ± 2,13	75,82 ± 1,85	69,49 ± 1,33
Isoleucina	90,66 ± 1,51	88,00 ± 0,57	72,27 ± 1,73	76,80 ± 5,73
Leucina	90,94 ± 1,48	91,11 ± 2,72	71,87 ± 1,60	63,34 ± 0,87
Lisina	94,17 ± 1,36	85,80 ± 1,74	69,72 ± 2,41	72,98 ± 4,67
Metionina	94,20 ± 1,30	90,61 ± 3,25	73,59 ± 3,29	68,14 ± 3,43
Treonina	87,31 ± 2,27	90,91 ± 1,25	74,70 ± 3,25	67,57 ± 1,78
Triptofano	87,67 ± 2,01	81,45 ± 2,85	59,52 ± 3,26	70,16 ± 2,07
Valina	89,55 ± 1,88	90,28 ± 0,55	68,98 ± 1,75	63,21 ± 2,54
Ácido aspártico	89,57 ± 1,70	88,51 ± 1,04	56,64 ± 4,60	63,81 ± 0,74
Ácido glutâmico	91,86 ± 1,25	90,90 ± 3,28	70,99 ± 1,40	67,57 ± 2,61
Alanina	84,70 ± 2,65	89,26 ± 2,33	73,53 ± 2,25	64,62 ± 0,64
Cisteína	90,10 ± 2,26	88,64 ± 0,32	65,24 ± 3,39	73,47 ± 0,59
Glicina	85,84 ± 2,52	87,01 ± 7,23	72,95 ± 1,13	68,11 ± 2,73
Serina	89,99 ± 1,58	92,74 ± 2,56	73,32 ± 1,82	69,40 ± 1,38
Tirosina	93,72 ± 1,92	92,40 ± 2,18	76,11 ± 1,95	76,52 ± 0,32
MÉDIA	91,12	90,41	71,93	64,70

¹ Valores expressos em porcentagem.

² Análises realizadas na Ajinomoto Animal Nutrition, Paris, França.

Quadro 7 – Valores médios de proteína bruta e aminoácidos endógenos ileais, determinados utilizando uma dieta isenta de proteína (DIP), utilizando cânula T simples, com suínos

Aminoácidos ¹	mg/g DIP consumida
Arginina	0,5713
Fenilalanina	0,6835
Histidina	0,2873
Isoleucina	0,6399
Leucina	1,1257
Lisina	0,4037
Metionina	0,1381
Treonina	0,9123
Triptofano	0,2486
Valina	0,9803
Ácido aspártico	1,2554
Ácido glutâmico	1,5570
Alanina	0,9195
Cisteína	0,4036
Glicina	1,1640
Serina	0,7255
Tirosina	0,5963
Proteína bruta ²	23,32

¹ Análises realizadas na Ajinomoto Animal Nutrition, Paris, França.

² Análises realizadas no Laboratório de Nutrição Animal, do Departamento de Zootecnia, da UFV.

O CDvAA médio para o FS foi de 91,12%, variando de 84,70% (alanina) a 96,21% (arginina).

Os maiores CDvAA para o FS, neste trabalho, foram da arginina (96,21%) e da histidina (95,17%), o que está de acordo com SERRANO (1989),

e os menores coeficientes foram determinados para a alanina (84,70%), a treonina (87,31%) e o triptofano (87,67%). SAUER et al. (1982) observaram maiores CDvAA para a arginina (95,3%), metionina (89,5%) e fenilalanina (89,5%), sendo as menos digestíveis a treonina (81,10%) e a valina (78,10%).

Os CDvAA determinados para o FS foram elevados e superiores aos apresentados por RHÔNE POULENC (1993) para o FS com 44% de proteína bruta, porém, os CDvAA da arginina (96,21%), fenilalanina (92,30%), isoleucina (90,66%), leucina (90,94%), metionina (94,20%), treonina (87,31%) e triptofano (87,67%) foram semelhantes aos apresentados por EUROLYSINE (1995), que correspondem a 94,90; 91,80; 90,70; 90,00; 93,30; 87,10; e 89,90, respectivamente. Já BELLAVER et al. (1998) obtiveram valores de CDvAA superiores a todos os determinados para o FS neste trabalho, que foram 98,65; 96,20; 96,34; 96,07; 95,43; 95,18; e 93,94%, respectivamente, para os aminoácidos acima relacionados. O CDvAA da lisina (94,17%) foi superior aos apresentados por RHÔNE POULENC (1993) e EUROLYSINE (1995), que corresponderam a 88,00 e 90,90%, respectivamente, porém inferior ao coeficiente de digestibilidade determinado por BELLAVER et al. (1998), que foi 97,05% para este aminoácidos no FS.

O CDvAA médio para o GM foi 90,41%, variando de 81,45% (triptofano) a 93,98% (histidina).

Os CDvAA da arginina (93,97%), fenilalanina (90,70%), isoleucina (88,00%), leucina (91,11%), lisina (85,80%), metionina (90,61%), treonina (90,91%), triptofano (81,45%), cisteína (88,64%), serina (92,47%) e tirosina (92,40%) para o GM, neste trabalho, foram semelhantes aos apresentados por RHÔNE POULENC (1993), que corresponderam a 91,00; 89,00; 88,00; 91,00; 84,00; 92,00; 88,00; 83,00; 87,00; 92,00; e 90,00%, respectivamente, para os aminoácidos relacionados anteriormente, sendo os CDvAA da histidina (93,98%) e valina (90,28%) superiores aos apresentados por RHÔNE POULENC (1993), que foi de 85,00% para estes dois aminoácidos. Os CDvAA para o GM neste trabalho foram inferiores aos apresentados por EUROLYSINE (1995).

O CDvAA médio para a FCO foi 71,93%, variando de 56,64% (ácido aspártico) a 84,00% (arginina), sendo inferior ao apresentado por RHÔNE POULENC (1993).

Os CDvAA da arginina (84,00%), cisteína (65,24%) e tirosina (76,11%) foram superiores aos apresentados EUROLYSINE (1995), que foram de 75,10; 54,20; e 69,00%, respectivamente, e os CDvAA da histidina (75,82%), isoleucina (72,27%), leucina (71,87%), lisina (69,72%), metionina (73,59%), triptofano (59,52%) e valina (68,98%) determinados para a FCO neste trabalho foram inferiores aos apresentados por este autor, que foram de 84,10; 79,20; 80,10; 75,00; 80,40; 77,60; e 76,00%, respectivamente. Os CDvAA determinados para a fenilalanina (76,19%) e a treonina (74,70%) foram semelhantes aos determinados por EUROLYSINE (1995), que foram de 75,30 e 75,20%, respectivamente.

WILLIAMS (1995), trabalhando com suínos, observou variação nos CDvAA de amostras de FCO: 74,50 a 87,30% para a arginina, 62,30 a 83,00% para a fenilalanina, 62,80 a 85,60% para a histidina, 67,10 a 80,40% para a isoleucina, 57,40 a 81,70% para a leucina, 64,90 a 84,40% para a lisina, 68,70 a 84,80 para a metionina, 66,90 a 81,00% para a treonina e 57,60 a 80,20% para a valina.

O CDvAA médio para a FSA foi de 64,70%, variando de 63,21% (valina) a 76,80% (isoleucina).

Os CDvAA determinados para a FSA neste trabalho foram inferiores aos apresentados por RHÔNE POULENC (1993) e pelo NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC (1998).

CAMPBELL et al. (1998) relataram que, tradicionalmente, o sangue era processado, para a obtenção da FSA, pelo excessivo tratamento térmico do coágulo sanguíneo (alta temperatura e longa duração), visando à secagem e eliminação de contaminação biológica, e que diferentes tipos de processamento resultam em produtos sem um padrão de qualidade, com relação à digestibilidade e solubilidade da proteína, e apresentam vários níveis de contaminação com outros subprodutos do processamento da carne, como pêlos, urina e fezes, o que

pode ser uma explicação para os baixos coeficientes de digestibilidade determinados.

O NRC (1998) apresentou os CDap dos aminoácidos de duas farinhas de sangue, os quais diferiram grandemente entre si. A FSA processada por “spray” ou “ring-drying” apresentou elevados CDap da arginina (91%), histidina (92%), isoleucina (71%), leucina (91%), lisina (91%), metionina (85%), cisteína (81%), fenilalanina (90%), treonina (86%), triptofano (88%) e valina (90%), quando comparados aos determinados a partir da FSA processada por método convencional (alta temperatura e longa duração), que apresentou baixos coeficientes de digestibilidade ileal aparente para arginina (56%), histidina (60%), isoleucina (55%), leucina (60%), lisina (56%), metionina (42%), cisteína (55%), fenilalanina (60%), treonina (54%), triptofano (65%) e valina (54%). Os baixos CDapAA apresentados pelo NRC (1998), para a FSA processada por método convencional, aproximam-se dos determinados para os aminoácidos arginina (62,43%), histidina (66,00%), isoleucina (28,86%), leucina (57,47%), lisina (69,92%), metionina (60,63%), cisteína (40,65%), fenilalanina (57,72%), treonina (55,20%), triptofano (59,43%) e valina (55,67%) da FSA deste trabalho, não tendo sido determinados os CDvAA para esta FSA. No caso específico da FSA, a grande variação na digestibilidade dos aminoácidos entre os trabalhos pode estar relacionada, principalmente, ao método utilizado no processamento.

De acordo com CAMPBELL et al. (1998), os cuidados relacionados à coleta do sangue, bem como a utilização do processamento por “spray-drying”, aumentaram drasticamente a qualidade e, subseqüentemente, a utilização das proteínas sanguíneas na indústria de alimentação animal, devido à integridade e funcionalidade dos componentes das proteínas e, também, à preservação da digestibilidade dos aminoácidos, o que não ocorre pelo processamento tradicional.

BJARNASON e CARPENTER (1970) constataram que o grupo carboxílico livre do ácido aspártico e ácido glutâmico da proteína pode ligar-se ao grupo amino-livre (NH_2 -terminal da mesma proteína ou de outra proteína), havendo eliminação de amônia. Esta interação pode ser acelerada pelo calor e

altera a digestão das proteínas, semelhante ao que acontece com a reação de Maillard. VARNISH e CARPENTER (1975), estudando o efeito da autoclavagem de tecidos protéicos de aves, observaram modificação na estrutura da proteína, que prejudicou o modo de ação das enzimas associadas à digestão. Estes autores não encontraram indicações sobre a natureza química destas alterações, mas tem sido relatada a ocorrência de reações de condensação entre o grupamento ϵ -amino da lisina e os grupos carboxil ($\text{CO}-\text{NH}_2$) dos ácidos aspártico e glutâmico.

4. RESUMO E CONCLUSÕES

Objetivou-se com este trabalho determinar os coeficientes de digestibilidade ileal aparente (CDapPB) e verdadeira (CDvPB) de proteína e os coeficientes de digestibilidade ileal aparente (CDapAA) e verdadeira (CDvAA) de aminoácidos, utilizando-se a técnica da cânula T simples, com suínos.

A implantação da cânula T simples foi realizada no Centro Cirúrgico de Grandes Animais, do Departamento de Veterinária, da Universidade Federal de Viçosa e o ensaio de digestibilidade foi conduzido no Setor de Suinocultura, do Departamento de Zootecnia, da Universidade Federal de Viçosa. Durante o período experimental, foram utilizados quatro suínos machos castrados (Landrace x Large White), pesando de $57,53 \pm 3,02$ a $65,02 \pm 4,10$ kg, dispostos em quadrado latino 4x4, alojados em gaiolas de metabolismo. Os alimentos analisados foram: farelo de soja (FS), glúten de milho (GM), farinha de carne e ossos (FCO) e farinha de sangue (FSA). As dietas experimentais, cada uma com um alimento protéico distinto, foram formuladas para conter 13% de proteína bruta e 1,85% de fibra bruta. Foi utilizada uma dieta isenta de proteína (DIP), ao final do período de análise dos alimentos protéicos, para se determinar a excreção endógena de aminoácidos. Utilizou-se Cr_2O_3 nas dietas experimentais, como indicador, para a determinação da digestibilidade de proteína e aminoácidos.

Os consumos médios de matéria seca por dia para os tratamentos contendo FS, GM, FCO e FSA foram 2,04; 2,10; 1,93; e 2,10%, respectivamente, do peso corporal médio dos suínos.

Os CDapPB e CDvPB determinados para FS, GM, FCO e FSA foram de 72,00 e 88,40%; 73,52 e 89,50%; 53,71 e 70,50%; e 46,58 e 63,20%, respectivamente.

Os CDvAA médios determinados para FS, GM, FCO e FSA foram de 91,12; 90,41; 71,93; e 64,70%, respectivamente. Os CDvAA variaram de 84,70% (alanina) a 96,21% (arginina), para o FS; de 81,45% (triptofano) a 93,98% (histidina), para o GM; 56,64% (ácido aspártico) a 84,00% (arginina), para a FCO; e 63,21% (valina) a 76,80% (isoleucina), para a FSA.

Os CDvAA determinados para o FS foram de 96,21%, para a arginina; 92,30%, para a fenilalanina; 95,17%, para a histidina; 90,66%, para a isoleucina; 90,94%, para a leucina; 94,17% para a lisina; 94,20%, para a metionina; 87,31%, para a treonina; 87,67%, para o triptofano; e 89,55%, para a valina.

Os CDvAA determinados para o GM foram de 93,97%, para a arginina; 90,70%, para a fenilalanina; 93,98%, para a histidina; 88,00%, para a isoleucina; 97,11%, para a leucina; 85,80% para a lisina; 90,61%, para a metionina; 90,91%, para a treonina; 81,45%, para o triptofano; e 90,28%, para a valina.

Os CDvAA determinados para a FCO foram de 84,00%, para a arginina; 76,19%, para a fenilalanina; 75,82%, para a histidina; 72,27%, para a isoleucina; 71,87%, para a leucina; 69,72% para a lisina; 73,59%, para a metionina; 74,70%, para a treonina; 59,52%, para o triptofano; e 68,98%, para a valina. Há grande variação entre os coeficientes de digestibilidade de proteína bruta e de aminoácidos de diferentes amostras de FCO. Esta grande variação observada nos coeficientes de digestibilidade deve-se, em parte, à grande diversidade de subprodutos de abatedouros incorporados para a composição de FCO, que apresentam grande variação na composição química e também na digestibilidade de seus nutrientes. Esta diferença torna-se ainda maior quando outros subprodutos de abatedouro, como: couro, chifres, escamas, pêlos e penas, que apesar de proibidos pela legislação, são incorporados às FCO.

Os CDvAA determinados para a FSA foram de 72,47%, para a arginina; 64,21%, para a fenilalanina; 69,49%, para a histidina; 76,80%, para a isoleucina; 63,34%, para a leucina; 72,98% para a lisina; 68,14%, para a metionina; 67,57%, para a treonina; 70,16%, para o triptofano; e 63,21%, para a valina. A FSA neste trabalho apresentou baixos coeficientes de digestibilidade de proteína bruta e aminoácidos. No caso específico da FSA, a grande variação na digestibilidade

dos aminoácidos entre as amostras de FSA pode estar relacionada, ao método utilizado no processamento. O processamento do sangue, para a obtenção da FSA, pelo excessivo tratamento térmico do coágulo sanguíneo (alta temperatura e longa duração), resulta em um produto de qualidade inferior, com relação à digestibilidade e solubilidade da proteínas, quando comparado com outras técnicas de processamento, o que pode explicar os baixos coeficientes de digestibilidade determinados.

Os CDap, CDvPB, CDapAA, CDvAA dos alimentos de origem vegetal (FS e GM) foram maiores que os coeficientes de digestibilidade dos alimentos de origem animal (FCO e FSA), indicando que o FS e o GM foram alimentos de maior qualidade nutricional.

A composição química e os coeficientes de digestibilidade determinados neste trabalho podem ser utilizados como referência da composição protéica e aminoacídica e valores de digestibilidade do FS, GM, FCO e FSA para a formulação de dietas para suínos com base em aminoácidos digestíveis.

CAPÍTULO 2

**DIGESTIBILIDADE ILEAL APARENTE E VERDADEIRA DE
PROTEÍNA E AMINOÁCIDOS DE ALIMENTOS PROTÉICOS
DETERMINADA
PELA TÉCNICA DA ANASTOMOSE ÍLEO-RETAL COM SUÍNOS**

1. INTRODUÇÃO

A formulação de dietas para suínos tem como objetivo suprir suas exigências nutricionais, permitindo aos animais determinado desempenho produtivo, adequando as quantidades de nutrientes ingeridas de acordo com o nível de produção desejado.

A qualidade da proteína é consequência do seu conteúdo de aminoácidos essenciais, das exigências específicas de cada espécie e categoria animal e da biodisponibilidade dos aminoácidos essenciais (ROZAN et al., 1997). Mesmo que o perfil aminoacídico da proteína seja importante para se avaliar sua qualidade nutricional, a digestibilidade desta proteína é o primeiro determinante da disponibilidade destes aminoácidos para o metabolismo animal (HSU et al., 1977).

Muitos trabalhos (EASTER e TANKSLEY JÚNIOR, 1973; LAPLACE, 1986) têm mostrado que a digestibilidade determinada por meio de amostras coletadas no íleo terminal, eliminando desta maneira o efeito da microflora do intestino grosso, é a mais apropriada para se determinar a digestibilidade de aminoácidos e, segundo SAUER e OZIMEK (1986), é o método ideal para se determinar a digestibilidade de alimentos com suínos.

A anastomose íleo-retal foi proposta na década de 80 como uma alternativa às cânulas até então utilizadas para a obtenção de digesta ileal, apresentando vantagens como a coleta total de digesta, de modo facilitado, diretamente do ânus, podendo-se utilizar um mesmo animal por um longo período de tempo, para a avaliação de diferentes tipos de dietas, sem preocupações com a utilização de dietas contendo alimentos fibrosos.

Diante do exposto, propôs-se este trabalho com o objetivo de se determinar a digestibilidade ileal aparente e verdadeira de proteína e aminoácidos de alimentos protéicos, utilizando-se a técnica da anastomose íleo-retal com suínos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio de digestibilidade foi conduzido no Setor de Suinocultura, do Departamento de Zootecnia, do Centro de Ciência Agrárias, da Universidade Federal de Viçosa, no período de 05 de agosto a 18 de setembro de 1998.

A anastomose íleo-retal, utilizando a técnica descrita por LOPES et al. (1998), foi realizada no Centro Cirúrgico de Grandes Animais, do Departamento de Veterinária, da Universidade Federal de Viçosa. Foram utilizados três suínos mestiços (Landrace x Large White), machos castrados, com peso médio de 25 kg.

Após a cirurgia, os animais foram medicados com sulfadiazina-trimetoprim (30 mg/kg, IM, 12-12h) e dipirona sódica (22 mg/kg, IM, 12-12h) por cinco dias. Os suínos foram mantidos em jejum sólido durante os três primeiros dias pós-cirúrgicos e receberam água à vontade e, a partir do quarto dia, receberam quantidades crescentes de dieta de recuperação (Quadro 1), até o início do período experimental.

Quadro 1 – Composição centesimal da dieta de recuperação¹

Ingredientes	%
Milho	51,45
Farelo de soja	30,60
Açúcar	5,00
Leite em pó	8,00
Óleo vegetal	1,00
Fosfato bicálcico	1,97
Calcário	1,01
Sal	0,60
Suplemento mineral ²	0,07
Suplemento vitamínico ³	0,25
Antibiótico ⁴	0,05
TOTAL	100,00
Composição calculada ⁵	
Proteína bruta (%)	21,08
Energia digestível (kcal/kg)	3440
Cálcio (%)	0,93
Fósforo total (%)	0,68
Lisina (%)	1,21

¹ Valores expressos na matéria natural.

² Composição por 500 g de mistura: ferro 90,0 g; cobre 10,0 g; cobalto 2,0 g; manganês 40,0 g; zinco 70,0 g e iodo 2,0 g.

³ Composição por kg de mistura: Vitamina A 10.000.000 UI; Vitamina D₃ 1.000.000 UI; Vitamina E 15.000 UI; Vitamina B₁ 1,5 g; Vitamina B₂ 3,0 g; Vitamina B₆ 1,5 g; ácido pantotênico 12,0 g; Vitamina C 30,0 g, Vitamina K₃ 12,5 g, ácido nicotínico 22,0 g, antioxidante 20,0 g e Vitamina B₁₂ 2,0 mg.

⁴ Virginamicina.

⁵ Valores calculados a partir das Tabelas Brasileiras de Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais de Aves e Suínos (ROSTAGNO et al., 1994).

Os suínos foram examinados diariamente por um período de 30 dias após a cirurgia, tendo sido avaliados comportamento, temperatura retal, apetite, aspecto e consistência das fezes, passagem de fezes através da colostomia e aspecto da ferida cirúrgica na linha mediana e na colostomia. A sutura na pele na linha de incisão mediana e na colostomia foi retirada 15 dias após a cirurgia. Durante o período de recuperação pós-cirúrgico, os animais foram alojados, individualmente, em baias suspensas de creche, no Setor de Suinocultura, do Departamento de Zootecnia, nas quais permaneceram até o completo restabelecimento pós-cirúrgico, tendo sido transferidos para as gaiolas de metabolismo 30 dias após a cirurgia.

Os suínos foram alojados, durante o período experimental, em gaiolas de metabolismo semelhantes às descritas por PEKAS (1968), em sala de alvenaria, telhado de telha de barro e janelas de vidro tipo basculante. Os suínos foram submetidos a um período de adaptação às gaiolas de metabolismo de sete dias antes do período experimental. Diariamente, às 7h15 e 19h15, realizaram-se as mensurações de temperaturas de máxima e mínima no interior da sala de alvenaria.

Foram utilizados três suínos para a avaliação de cada um dos alimentos analisados. Os animais foram distribuídos em um bloco e receberam as mesmas dietas experimentais em um mesmo período de coletas.

Os suínos foram submetidos a um período de dois dias de adaptação às dietas experimentais, seguido de um período de cinco dias de coleta de digesta.

Os alimentos analisados foram: farelo de soja (FS), glúten de milho (GM) e farinha de carne e ossos (FCO), cujas composições químicas se encontram no Quadro 2.

As dietas experimentais, cada uma com um alimento protéico distinto (Quadro 3), foram formuladas para conter 13% de proteína bruta, e foram denominadas T₁, T₂ e T₃, respectivamente, para o FS, o GM e a FCO. Foi utilizada uma dieta isenta de proteína (DIP), ao final do período de análise dos alimentos protéicos, para se determinar a excreção endógena de aminoácidos (Quadro 3).

As dietas experimentais foram formuladas para conter níveis semelhantes de cálcio e fósforo (exceto com a FCO), vitaminas e minerais, segundo ROSTAGNO et al. (1994).

As dietas foram fornecidas duas vezes ao dia às 7 e 17h, durante o período experimental, dividindo-se quantitativamente o volume diário entre os arraçoamentos. As dietas foram diluídas, na proporção de dois litros de água para cada quilograma de dieta, antes de serem fornecidas aos animais, para facilitar a ingestão e evitar o desperdício (HAYDON et al., 1984).

Quadro 2 – Composição percentual média dos alimentos analisados ¹

Aminoácidos ²	Alimentos		
	Farelo de soja	Glúten de milho	Farinha de carne e ossos
Matéria seca ³	86,600	90,530	91,780
Proteína bruta ³	44,220	62,310	40,230
Ácido aspártico	5,440	4,030	3,090
Ácido glutâmico	8,500	14,430	4,800
Alanina	2,050	5,950	3,410
Arginina	3,420	2,050	3,030
Cisteína	0,700	1,140	0,280
Fenilalanina	2,380	4,150	1,310
Glicina	2,050	1,660	6,890
Histidina	1,240	1,340	0,660
Isoleucina	2,140	2,610	1,020
Leucina	3,620	11,270	2,320
Lisina	2,870	0,990	1,980
Metionina	0,660	1,420	0,530
Serina	2,430	3,410	1,570

Tirosina	1,760	3,470	0,850
Treonina	1,830	2,120	1,250
Triptofano	0,610	0,311	0,203
Valina	2,280	2,980	1,067

¹ Valores expressos na matéria natural.

² Análises realizadas na Ajinomoto Animal Nutrition, Paris, França.

³ Análises realizadas no Laboratório de Nutrição Animal, do Departamento de Zootecnia, da UFV.

Quadro 3 – Composição centesimal das dietas experimentais¹

Ingredientes	Dietas			
	T1	T2	T3	DIP
Farelo de soja	28,260	-	-	-
Glúten de milho	-	21,000	-	-
Farinha de carne e ossos	-	-	31,000	-
Açúcar	30,000	36,000	33,000	40,000
Amido	39,725	40,795	35,325	57,358
Calcário	0,590	0,640	-	0,737
Fosfato bicálcico	0,750	0,890	-	1,230
Suplemento mineral ²	0,050	0,050	0,050	0,050
Suplemento vitamínico ³	0,100	0,100	0,100	0,100
Sal	0,500	0,500	0,500	0,500
Bacitracina de zinco	0,025	0,025	0,025	0,025
TOTAL	100,00	100,00	100,00	100,00
Composição calculada ⁴				
Matéria seca (%)	91,54	92,60	92,77	91,00
Proteína bruta (%)	13,00	13,00	13,00	0,30

Energia digestível (kcal/kg)	3643	3912	3215	3772
Cálcio (%)	0,50	0,50	4,20	0,50
Fósforo total (%)	0,29	0,24	2,06	0,23
Lisina total (%)	0,82	0,28	0,54	-

¹ Dado expressos na matéria natural.

² Composição por 500 g de mistura: ferro 90,0 g; cobre 10,0 g; cobalto 2,0 g; manganês 40,0 g; zinco 70,0 g e iodo 2,0 g.

³ Composição por kg de mistura: Vitamina A 10.000.000 UI; Vitamina D₃ 1.000.000 UI; Vitamina E 15.000 UI; Vitamina B₁ 1,5 g; Vitamina B₂ 3,0 g; Vitamina B₆ 1,5 g; ácido pantotênico 12,0 g; Vitamina C 30,0 g, Vitamina K₃ 12,5 g, ácido nicotínico 22,0 g, antioxidante 20,0 g e Vitamina B₁₂ 2,0 mg.

⁴ Valores calculados a partir das Tabelas Brasileiras de Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais de Aves e Suínos (ROSTAGNO et al., 1994)

As dietas foram fornecidas à vontade durante os dois primeiros dias de cada período de adaptação às dietas experimentais. A partir do terceiro dia, até o final de cada período de coleta, todos os suínos foram igualmente alimentados com base no menor consumo durante os dois primeiros dias de cada período de adaptação (LIN et al., 1987) e no tamanho metabólico ($\text{kg}^{0,75}$). Ajustes no consumo foram realizados no início de cada período de coletas. A água foi fornecida à vontade, após o consumo da dietas experimentais, durante todo período experimental. As sobras dos arraçoamentos foram coletadas, secas e subtraídas do fornecido para se estabelecer o volume absoluto consumido.

Diariamente, durante os cinco dias de cada período de coletas, às 7h15 e 17h15, foram realizadas as coletas e as pesagens das digestas, que foram imediatamente acondicionadas e identificadas em sacos plástico e armazenadas à -20°C para posterior análises.

As amostras de digesta foram pré-secas em estufa com ventilação forçada a 56°C, por cinco dias; após, as digestas de um mesmo animal foram mantidas em temperatura ambiente, por uma hora, para entrar em equilíbrio com a umidade do ar, pesadas, moídas e acondicionadas em recipientes de vidro com tampa para análises posteriores.

Foram determinados os teores de matéria seca e proteína bruta nos alimentos e os teores de matéria seca e proteína bruta nas dietas e nas amostras

de digesta ileal, no Laboratório de Nutrição Animal, do Departamento de Zootecnia, da Universidade Federal de Viçosa, de acordo com as metodologias descritas por SILVA (1990), enquanto as análises de aminoácidos nos alimentos e nas amostras de digesta ileal foram realizadas por cromatografia de troca iônica, nos laboratórios da Ajinomoto Animal Nutrition, Paris, França.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o período experimental, a temperatura variou de $20,30 \pm 1,10$ e $25,00 \pm 1,41$ °C e o peso corporal médio dos suínos foi de $40,27 \pm 4,73$ kg.

Os consumos médios de matéria seca diários dos tratamentos contendo farelo de soja (FS), glúten de milho (GM) e farinha de carne e ossos (FCO) foram 1,96; 1,86; e 2,19%, respectivamente, do peso corporal médio dos suínos.

Os consumos e os coeficientes de digestibilidade ileal da matéria seca (CDMS) das dieta experimentais e os coeficientes de digestibilidade ileal aparente (CDapPB) e verdadeira (CDvPB) de proteína bruta dos alimentos analisados são apresentados no Quadro 4.

Quadro 4 – Consumos e coeficientes de digestibilidade ileal da matéria seca (CDMS) das dietas experimentais e coeficientes de digestibilidade ileal aparente (CDapPB) e verdadeira (CDvPB) de proteína bruta de três alimentos, com suínos submetidos à anastomose íleo-retal ¹

	Tratamentos		
	T1	T2	T3
	Farelo de soja	Glúten de milho	Farinha de carne e ossos
Consumo (g/dia) ²	866,00	806,00	957,00
CDMS (%)	83,80 ± 1,89	86,69 ± 1,73	74,11 ± 2,16
CDapPB (%)	80,93 ± 1,49	78,41 ± 4,89	50,65 ± 1,39
CDvPB (%)	91,32 ± 1,49	88,52 ± 4,89	61,26 ± 1,39

¹ Análises realizadas no Laboratório de Nutrição Animal, do Departamento de Zootecnia, UFV.

² Valores expressos na matéria natural.

O CDvPB determinado para o FS (91,32%) foi superior ao determinado por RHÔNE POULENC (1993), que foi de 84,00% para o FS com 44,00% de proteína bruta, e EUROLYSINE (1995), que foi de 88,70% para o FS com 44,80% de proteína bruta, extraído por solvente. O CDvPB determinado por EUROLYSINE (1995), para o FS extraído por solvente e extrusado (90,30%), foi semelhante ao determinado por este trabalho.

O CDvPB determinado para o GM (88,52%) foi semelhante ao determinado por RHÔNE POULENC (1993), que foi 86,00% para este alimento, e inferior ao determinado por EUROLYSINE (1995), de 95,60%.

O CDvPB determinado para a FCO foi inferior (61,26%) ao determinado por EUROLYSINE (1995), que foi de 69,70%, e por RHÔNE POULENC (1993), de 81,00%. Há grande variação nos coeficientes de digestibilidade de proteína bruta e aminoácidos determinados para as FCO, variando, principalmente, em razão dos subprodutos de abatedouros que são incorporados para a sua composição e também do método de processamento, do tempo e forma armazenagem, entre outros fatores. A baixa concentração de proteína bruta (40,23%) e aminoácidos e também a observação de grande quantidade de esquirolas ósseas na FCO deste trabalho indicaram a qualidade inferior desta amostra, o que também é sugerido pelos baixos coeficientes de digestibilidade determinados.

A qualidade inferior de algumas FCO pode ser atribuída à maior incorporação de ossos e outros subprodutos abundantes em minerais, o que pode ser notado pela presença de fragmentos ósseos e do maior teor de cinzas em algumas FCO de pior qualidade. Observando os valores de composição química de FCO apresentados por ROSTAGNO et al. (1994), pode-se estabelecer uma relação inversa entre os teores de matéria mineral e proteína bruta. Quanto maior o teor de matéria mineral (35,58%), menor é o teor de proteína bruta (40,40%) da FCO, denotando pior qualidade protéica deste alimento, quando comparado a outra FCO com menor teor de matéria mineral (24,80%) e maior teor de proteína bruta (55,00%).

Os CDap da fenilalanina (88,51%), histidina (90,22%), lisina (88,80%), alanina (78,70%) e glicina (75,26%) determinados para o FS neste trabalho foram semelhantes aos determinados por TANKSLEY JÚNIOR et al. (1981), que foram de 87,70; 89,20; 88,50; 80,80; e 76,20%, respectivamente, para os aminoácidos relacionados anteriormente.

Os coeficientes de digestibilidade ileal aparente (CDapAA) e verdadeira (CDvAA) de aminoácidos dos alimentos analisados são apresentados nos Quadros 5 e 6, respectivamente.

Os valores médios de proteína bruta e de aminoácidos endógenos ileais, determinados utilizando uma dieta isenta de proteína (DIP), são apresentados no Quadro 7.

Quadro 5 – Coeficientes de digestibilidade ileal aparente de aminoácidos (CDapAA) de alimentos protéicos com base na coleta total de digesta com suínos submetidos à anastomose íleo-retal ¹

Aminoácidos ²	Alimento		
	Farelo de soja	Glúten de milho	Farinha de carne e ossos
Arginina	94,97 ± 0,64	91,75 ± 1,88	65,12 ± 9,75
Fenilalanina	88,51 ± 1,41	88,84 ± 3,96	61,59 ± 1,43
Histidina	90,22 ± 1,17	89,79 ± 3,32	65,11 ± 2,30
Isoleucina	86,43 ± 1,58	82,27 ± 4,98	51,41 ± 3,63
Leucina	87,07 ± 1,50	90,29 ± 4,31	54,18 ± 2,54
Lisina	88,80 ± 1,31	66,00 ± 3,34	54,20 ± 2,34
Metionina	88,05 ± 1,69	87,89 ± 3,21	64,35 ± 1,29
Treonina	81,15 ± 2,20	80,09 ± 5,23	57,18 ± 1,98
Triptofano	85,63 ± 1,68	63,59 ± 6,99	37,36 ± 10,70
Valina	83,57 ± 2,13	80,64 ± 5,53	50,85 ± 2,68
Ácido aspártico	87,20 ± 1,51	79,96 ± 4,33	47,59 ± 1,93
Ácido glutâmico	89,95 ± 1,21	88,94 ± 4,15	54,63 ± 3,49

Alanina	78,70 ± 2,83	85,66 ± 4,97	62,42 ± 8,19
Cisteína	77,44 ± 2,80	83,24 ± 3,34	7,89 ± 6,64
Glicina	75,26 ± 3,12	53,35 ± 15,80	62,16 ± 6,80
Serina	85,95 ± 1,90	87,61 ± 4,37	56,54 ± 3,58
Tirosina	89,90 ± 1,31	92,11 ± 3,57	51,56 ± 2,44
MÉDIA	85,81	81,88	53,18

¹ Valores expressos em porcentagem.

² Análises realizadas na Ajinomoto Animal Nutrition, Paris, França.

Quadro 6 – Coeficientes de digestibilidade ileal verdadeira de aminoácidos (CDvAA) de alimentos protéicos com base na coleta total de digesta com suínos submetidos à anastomose íleo-retal ¹

Aminoácidos ²	Alimento		
	Farelo de soja	Glúten de milho	Farinha de carne e ossos
Arginina	97,39 ± 0,64	97,27 ± 1,88	67,65 ± 9,75
Fenilalanina	95,81 ± 1,41	94,59 ± 3,96	73,93 ± 1,43
Histidina	93,93 ± 1,17	94,49 ± 3,32	71,59 ± 2,30
Isoleucina	89,74 ± 1,58	85,99 ± 4,98	57,85 ± 3,63
Leucina	92,68 ± 1,50	92,75 ± 4,31	62,31 ± 2,54
Lisina	93,21 ± 1,31	83,51 ± 3,34	60,13 ± 2,34
Metionina	92,67 ± 1,69	90,84 ± 3,21	69,70 ± 1,29
Treonina	90,75 ± 2,20	91,46 ± 5,23	70,21 ± 1,98
Triptofano	90,33 ± 1,68	76,26 ± 6,99	50,51 ± 10,70
Valina	91,53 ± 2,13	89,00 ± 5,53	60,96 ± 2,68
Ácido aspártico	90,91 ± 1,51	86,30 ± 4,33	53,65 ± 1,93
Ácido glutâmico	96,77 ± 1,21	94,44 ± 4,15	65,84 ± 3,49
Alanina	87,51 ± 2,83	89,82 ± 4,97	67,34 ± 8,19

Cisteína	84,76 ± 2,80	89,41 ± 3,34	24,89 ± 6,64
Glicina	82,27 ± 3,12	65,22 ± 15,80	64,10 ± 6,80
Serina	91,05 ± 1,90	92,60 ± 4,37	63,87 ± 3,58
Tirosina	97,73 ± 1,31	97,03 ± 3,57	66,62 ± 2,44
MÉDIA	91,70	88,91	61,83

¹ Valores expressos em porcentagem.

² Análises realizadas na Ajinomoto Animal Nutrition, Paris, França.

Quadro 7 – Valores médios de proteína bruta e aminoácidos endógenos ileais, determinados utilizando uma dieta isenta de proteína (DIP) com base na total coleta de digesta com suínos submetidos à anastomose íleo-retal

Aminoácidos ¹	mg/g DIP consumida
Arginina	0,2564
Fenilalanina	0,5402
Histidina	0,1427
Isoleucina	0,2196
Leucina	0,6301
Lisina	0,3925
Metionina	0,0948
Treonina	0,5487
Triptofano	0,0892
Valina	0,5639
Ácido aspártico	0,6261
Ácido glutâmico	1,7980
Alanina	0,5607
Cisteína	0,1591
Glicina	0,4460
Serina	0,3850
Tirosina	0,4276

¹ Análises realizadas na Ajinomoto Animal Nutrition, Paris, França.² Análises realizadas no Laboratório de Nutrição Animal, do Departamento de Zootecnia, da UFV.

O CDvAA médio para o FS foi de 91,70%, variando de 82,27% (glicina) a 97,73% (tirosina).

Os maiores CDvAA para o FS neste trabalho foram da arginina (97,39%), fenilalanina (95,81%), histidina (93,93%) e lisina (93,21%). SAUER et al. (1982), observaram os maiores CDvAA para a arginina (95,3%), metionina (89,5%) e fenilalanina (89,5%).

Os CDvAA do FS foram elevados e superiores aos apresentados por RHÔNE POULENC (1993) para o FS com 44% de proteína bruta, exceto para isoleucina (87,00%), cisteína (83,00%) e glicina (82,00%), que para o FS deste trabalho foram 89,74; 84,76; e 82,27%, respectivamente. Os CDvAA da histidina (93,93%), isoleucina (89,74%), metionina (92,67%) e triptofano (90,33%) foram semelhantes aos apresentados por EUROLYSINE (1995), que foram de 91,50; 90,70; 93,03; e 92,00%, respectivamente, para os aminoácidos anteriormente relacionados.

BELLAVER et al. (1998) apresentaram os CDvAA da arginina (98,65%), fenilalanina (96,20%), histidina (97,67%), isoleucina (96,34%), leucina (96,07%), lisina (97,01%), metionina (95,43%), treonina (95,18%), triptofano (93,94%) e valina (95,25%), que foram superiores aos CDvAA determinados para o FS neste trabalho, exceto para os CDvAA da arginina (97,39%) e fenilalanina (95,81%), que foram semelhantes neste trabalho para o FS. O CDvAA da lisina (93,21%) foi superior aos apresentados por RHÔNE POULENC (1993) e EUROLYSINE (1995), de 88,00 e 90,90%,

respectivamente, porém inferior àquele determinado por BELLAYER et al. (1998), de 97,05% para este aminoácido no FS.

O CDvAA médio para o GM foi de 88,91%, variando de 65,22% (glicina) a 97,27% (arginina).

Os maiores CDvAA do GM foram determinados para a arginina (97,27%), tirosina (97,03%), fenilalanina (94,59%) e histidina (94,49%), que apresentaram valores elevados, como os determinados por EUROLYSINE (1995), que foram de 96,8; 96,2; 97,4; e 96,4%, respectivamente.

Os CDvAA da leucina (91,00%), lisina (84,00%), metionina (92,00%) cisteína (87,00%) e serina (92,00%), determinados por RHÔNE POULENC (1993), para o GM, foram semelhantes aos determinados neste trabalho para estes aminoácidos (92,75; 83,51; 90,84; 89,41; e 92,60%, respectivamente). Os CDvAA da arginina (97,27%), fenilalanina (94,59%), isoleucina (85,99%), leucina (92,75%), metionina (90,84%), treonina (91,46%), triptofano (76,26%) cisteína (89,41%), serina (92,60%) e tirosina (97,03%), determinados para o GM neste trabalho, foram semelhantes aos apresentados por RHÔNE POULENC (1993), que foram de 91,00; 89,00; 88,00; 91,00; 92,00; 88,00; 83,00; 87,00; 92,00; e 90,00%, respectivamente, para os aminoácidos anteriormente relacionados, tendo sido os CDvAA da histidina (94,49%), lisina (83,51%) e valina (89,00%) superiores aos apresentados por RHÔNE POULENC (1993) que foram de 85,00; 84,00; e 85,00%, respectivamente.

O CDvAA médio para a FCO foi de 61,83%, variando de 24,89% (cisteína) a 73,59% (fenilalanina).

Os CDvAA determinados para a FCO foram de 67,65%, para a arginina; 73,93%, para a fenilalanina; 71,59%, para a histidina; 57,85%, para a isoleucina; 62,31%, para a leucina; 60,13% para a lisina; 69,70%, para a metionina; 70,21%, para a treonina; 50,51%, para o triptofano; e 60,98%, para a valina. Os CDvAA determinados para a FCO neste trabalho foram inferiores aos apresentados por RHÔNE POULENC (1993), EUROLYSINE (1995) e NRC (1998).

WILLIAMS (1995), trabalhando com suínos, observou variação nos coeficientes de digestibilidade de diferentes amostras de FCO. Estes coeficientes

variaram de 74,50 a 87,30% para arginina, 62,30 a 83,00% para fenilalanina, 62,80 a 85,60% para histidina, 67,10 a 80,40% para isoleucina, 57,40 a 81,70% para leucina, 64,90 a 84,4% para lisina, 68,70 a 84,80 para metionina, 66,90 a 81,00% para treonina e 57,6 e 80,2% para valina. Esta grande variação observada nos coeficientes de digestibilidade deve-se, em parte, à grande diversidade de subprodutos de abatedouros incorporados para a composição da FCO, que apresentam grande variação na composição química e também na digestibilidade dos seus nutrientes.

4. RESUMO E CONCLUSÕES

Objetivou-se com este trabalho determinar os coeficientes de digestibilidade ileal aparente (CDapPB) e verdadeira (CDvPB) de proteína e os coeficientes de digestibilidade ileal aparente (CDapAA) e verdadeira (CDvAA) de aminoácidos, utilizando-se a técnica da anastomose íleo-retal com suínos.

A anastomose íleo retal, utilizando a técnica descrita por LOPES et al. (1998), foi realizada no Centro Cirúrgico de Grandes Animais, do Departamento de Veterinária da Universidade Federal de Viçosa e o ensaio de digestibilidade foi conduzido no Setor de Suinocultura, do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa. Durante o período experimental, foram utilizados três suínos machos castrados

(Landrace x Large White), com peso corporal médio de $40,27 \pm 4,73$ kg, distribuídos em um bloco, alojados em gaiolas de metabolismo semelhantes à descrita por PEKAS (1968). Os alimentos analisados foram: farelo de soja (FS), glúten de milho (GM) e farinha de carne e ossos (FCO). As dietas experimentais, cada uma com um alimento protéico, foram formuladas para conter 13% de proteína bruta. Foi utilizada uma dieta isenta de proteína (DIP), ao final do período de análise dos alimentos protéicos, para se determinar a excreção endógena de aminoácidos. Os coeficientes de digestibilidade foram calculados com base na coleta total de digesta ileal.

Os consumos médios de matéria seca por dia para os tratamentos contendo FS, GM e FCO foram de 1,96; 1,86; e 2,19%, respectivamente, do peso corporal médio dos suínos que receberam o tratamento.

Os CDapPB e CDvPB determinados para o FS, GM e FCO foram de 80,93 e 91,32%; 78,41 e 88,52%; e 50,65 e 61,26%, respectivamente.

Os CDvAA médios determinados para o FS, GM e FCO foram de 91,70; 88,91; e 61,83%, respectivamente. Os CDvAA variaram de 82,27% (glicina) a 97,97% (tirosina), para o FS; 65,22% (glicina) a 97,27% (arginina), para o GM; e 24,89% (cisteína) a 73,59% (fenilalanina), para a FCO.

Os CDvAA determinados para o FS foram de 97,39%, para a arginina; 95,81%, para a fenilalanina; 93,93%, para a histidina; 89,74%, para a isoleucina; 92,68%, para a leucina; 93,21%, para a lisina; 92,67%, para a metionina; 90,75%, para a treonina; 90,33%, para o triptofano; e 91,53%, para a valina.

Os CDvAA determinados para o GM foram de 97,27%, para a arginina; 94,59%, para a fenilalanina; 94,49%, para a histidina; 85,99%, para a isoleucina; 92,75%, para a leucina; 83,51%, para a lisina; 90,84%, para a metionina; 91,46%, para a treonina; 76,26%, para o triptofano; e 89,00%, para a valina.

Os CDvAA determinados para a FCO foram de 67,65%, para a arginina; 73,93%, para a fenilalanina; 71,59%, para a histidina; 57,85%, para a isoleucina; 62,31%, para a leucina; 60,13%, para a lisina; 69,70%, para a metionina; 70,21%, para a treonina; 50,51%, para o triptofano; e 60,96%, para a valina. A grande variação entre os coeficientes de digestibilidade de proteína bruta e aminoácidos de diferentes amostras de FCO deve-se, em parte, à grande diversidade de subprodutos de abatedouros incorporados, para a composição de FCO, resultando em produtos sem um padrão de

qualidade, com relação à composição química e digestibilidade, o que pode ser uma explicação para os baixos coeficientes de digestibilidade determinados.

Os CDap, CDvPB, CDapAA, CDvAA dos alimentos de origem vegetal (FS e GM) foram maiores do que os coeficientes de digestibilidade do alimento de origem animal (FCO), indicando que o FS e o GM foram alimentos de maior qualidade nutricional.

A composição química e os coeficientes de digestibilidade determinados neste trabalho podem ser utilizados como referência da composição protéica e aminoacídica e valores de digestibilidade do FS, GM e FCO para a formulação de dietas para suínos com base em aminoácidos digestíveis.

3. RESUMO E CONCLUSÕES

Foram realizados dois ensaios de digestibilidade no Setor de Suinocultura, do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, com o objetivo de determinar os coeficientes de digestibilidade ileal aparente (CDapPB) e verdadeira (CDvPB) de proteína e os coeficientes de digestibilidade ileal aparente (CDapAA) e verdadeira (CDvAA) de aminoácidos do farelo de soja (FS), glúten de milho (GM), farinha de carne e ossos (FCO) e farinha de sangue (FSA), utilizando as técnicas da cânula T simples e da anastomose íleo-retal (exceto para FSA), com suínos.

Os CDap, CDvPB, CDapAA, CDvAA dos alimentos de origem vegetal (FS e GM) foram maiores do que os coeficientes de digestibilidade dos alimentos de origem animal (FCO e FSA), indicando que o FS e o GM foram alimentos de maior qualidade nutricional.

A composição química e os coeficientes de digestibilidade determinados neste trabalho podem ser utilizados como referência da composição protéica e aminoacídica e valores de digestibilidade do FS, GM e FCO para a formulação de dietas para suínos com base em aminoácidos digestíveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BATHERMAN, E.S. Modelling amino acid absorption and metabolism in the growing pig. In: D'MELLO, J.P.F. (Ed.). **Aminoacids in farm animal nutrition**, Wallingford; CAB International, 1994, p.133-154
- BELLAVER, C. **Estimation of amino acid digestibility and its usefulness in swine feed formulation**. Urbana-Champaign: University of Illinois, 1989. 99p. Dissertação (Ph.D). University of Illinois, 1989.
- BELLAVER, C. Metodologias para determinação do valor das proteínas e utilização de valores disponíveis nas dietas de não ruminantes. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO DE NÃO RUMINANTES, 31, 1994, Maringá. **Anais...** Maringá: SBZ, 1994, p.31-47.
- BELLAVER, C., EASTER, R.A., COOK, D.A., GONZALEZ, A. A comparison of "in vivo" and "in vitro" methods for estimating digestibility in swine. In: DIGESTIVE PHYSIOLOGY IN PIGS, 5, 1991, Wageningen. **Proceedings...** Wageningen: Pudoc, 1991, p.241-247.
- BELLAVER, C., ZANOTTO, D.L., BRUM, P.R., GUIDONI, A.L., LIMA, G.J.M.M. Coeficientes de digestibilidade ileal verdadeira de aminoácidos em ingredientes para dietas, determinados com suínos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35, 1998, Botucatu. **Anais...** Botucatu: SBZ, 1998, v.4, p.342-344.
- BJARNASON, J., CARPENTER, K. J. Mechanisms of heat damage in proteins. 2.Chemical changes in pure protein. **British Journal of Nutrition**, v.24, p.313-329, 1970.
- CAMPBELL, J.M.C., WEAVER, E.M., RUSSELL, L.E., ARTHINGTON, J., CHI, F. The use of plasma and blood cells in swine feeds. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO E MANEJO DE LEITÕES, 1998, Campinas. **Anais...** Campinas, 1998, p.18-35.

CUNNINGHAM, H.M., FRIEND, D.W., NICHOLSON, J.W.C. Observations on digestion in the pig using a reentrant intestinal fistula. **Canadian Journal of Animal Science**, v.43, p.215-225, 1963.

DARCY, B., LAPLACE, J.P., VILLIERS, P.A. Obtention des digesta parvenant au gros intestine par fistulation iléo-colique post-valvulaire: Note préliminaire. **Reproduction Nutrition Développement**, v.20, n.4B, p.1197-1202, 1980.

DONKOH, A., MOUGHAN, P.J., SMITH, W.C. True digestibility of amino acids in meat and bone meal for the growing pig-application of a routine rat digestibility assay. **Animal Feed Science and Technology**, v.49, p.73-86, 1994.

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

EUROLYSINE – ITCF. **Ileal digestibility of amino acids in feedstuffs for pigs**, 1995, 53p.

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

FONTES, D.O. **Métodos de determinação da digestibilidade de proteína e aminoácidos em suínos e aves**. Viçosa – MG: UFV, 1998. 44p. (Prova de Qualificação), Universidade Federal de Viçosa, 1998.

FONTES, D.O., MASCARENHAS, A.G., DONZELE, J.L., GOMES, C.A.G. Digestibilidade de aminoácidos de alimentos energéticos determinados com suínos submetidos à anastomose íleo-retal. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35, 1998, Botucatu. **Anais...** Botucatu: SBZ, 1998, v.4, p.177-179.

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

FULLER, M.F., CADENHEAD, A. Estimation of undigested dietary protein by the use of ¹²⁵I-labelled protein. In: DIGESTIVE PHYSIOLOGY IN PIGS, 5, 1991, Wageningen. **Proceedings...** Wageningen: Pudoc, 1991, p.330-333.

FULLER, M.F., DARCY-VRILLON, LAPLACE, J.P., PICARD, M. CADENHEAD, A., JUNG, J., BROWN, D., FRANKLIN, M.F. The

- measurement of dietary amino acid digestibility in pigs, rats and chickens: a comparison of methodologies. **Animal Feed Science and Technology**, v.48, p.305-324, 1994.
- FULLER, M.F., LIVINGSTONE, R.M. In: **Animal Nutrition and Allied Sciences**, 1982, 39p.
- FURUYA, S., KAJI, Y. Estimation of the true ileal digestibility of amino acids and nitrogen from their apparent values for growing pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v.26, p.271-285, 1989.
- GABERT, V.M., SAUER, W.C., MOSENTHIN, R., SCHMITZ, M., AHRENS, F. The effect of oligosaccharides and lactitol on the ileal digestibilities of amino acids, monosaccharides and bacterial populations and metabolites in the small intestine of weanling pigs. **Canadian Journal of Animal Science**, v.75, n.1, p.99-107, 1995.
- GREEN, S. A note on amino acid digestibility measured in pigs with pre- or post- valve ileo rectal anastomoses, fed soya-bean, pea and meat meals. **Animal Production**, v.47, p.317-320, 1988.
- GREEN, S., BERTRAND, S.L., DURON, J.C., MAILLARD, R.A. Digestibility of amino acids in maize, wheat and barley meal, measured in pigs with ileo-rectal anastomosis and isolation of the large intestine. **Journal of Science Food Agriculture**, v.41, p.29-43, 1987.
- HAYDON, K.D., KNABE, D.A., TANKSLEY JÚNIOR., T.D. Effects of level of feed intake on nitrogen, amino acid and energy digestibilities measured at the end of the small intestine and over the total digestive tract of growing pigs. **Journal of Animal Science**, v.59, n.3, p.717-724, 1984.
- HOLMES, J.H.G., BAYLEY, H.S., LEADBEATER, P.A., HORNEY, F.D. Digestion of protein in small and large intestine of the pigs. **British Journal of Nutrition**, v.32, p.479-489, 1974.
- HORSZCZARUK, F., ZEBROWSKA, T., DOBROWSKI, W. Permanente intestinal fistulae for the study of digestion in pigs. II. Establishment of simple fistulae of the small intestine. **Roczniki Nauk Rolniczych**, v.94, p.99-105, 1972.
- HSU, H.W., VAVAK, D.L., SATTERLEE, L.D., MILLER, G.A. A multienzyme technique for estimating protein digestibility. **Journal of Food Science**, v.42, p.1269-1273, 1977.

- JORGENSEN, H., SAUER, W.C., JUST, A. The effect of feed intake on digestibility of nutrients at the terminal ileum and feces in pigs. **Journal of Animal Science**, v.53, p.249, 1981 (Abstr.).
- JORGENSEN, H., SAUER, W.C., THACKER, P. A. Amino acid availabilities in soyabean meal, sunflower meal, fish meal and meat and bone meal fed to growing pigs. **Journal of Animal Science**, v.58, p.927-933,1984.
- JUST, A., JORGENSEN, H., FERNÁNDEZ, J.A. Correlations of protein deposited in growing female pigs to ileal and faecal digestible crude protein and amino acids. **Livestock Production Science**, v. 12, p. 145-159, 1985.
- KNABE, D.A. Bioavailability of amino acids in feedstuffs for swine. In: MILLER, E.R., ULLREY, D.E., LEWIS, A.J. J. **Swine nutrition**, 4th ed., 1991, p.327-339.
- KNABE, D.A., LA RUE, D.C., GREGG, E.J., MARTINEZ, G.M., TANKSLEY JÚNIOR, T.D. Apparent digestibility of nitrogen and amino acids in protein feedstuffs by growing pigs. **Journal of Animal Science**, v.67, p.441-458, 1989.
- KÖHLER, T., MOSENTHIN, R., DEN HARTOG, L.A., HUISMAN, J., VERSTEGEN, M.W.A. Adaptative effects of ileo-rectal anastomosis on digestion in pigs. In: DIGESTIVE PHYSIOLOGY IN PIGS, 5, 1991, Wageningen. **Proceedings...** Wageningen: Pudoc, 1991a, p.349-355.
- KÖHLER, T., VERSTEGEN, M.W.A., HUISMAN, J., VAN LEEUWEN, P., MOSENTHIN, R. Comparison of various techniques for measuring ileal digestibility in pigs In: DIGESTIVE PHYSIOLOGY IN PIGS, 5, 1991, Wageningen. **Proceedings...** Wageningen: Pudoc, 1991b, p.296-303.
- KUIKEN, K.A., LYMAN, C.M. Availability of amino acids in some foods. **Journal of Nutrition**, v.36, n.3, p.359-368, 1948.
- LAPLACE, J.P. Amino acid availability in pig feeding. In: WORLD CONGRESS OF ANIMAL FEEDING, 19, Madrid, **Anais...** Madrid, 1986, p.109-128.
- LAPLACE, J.P., SOUFFRANT, W.B., HENNIG, U., CHABEAUTI, E., FERVRIER, C. Measurement of precaecal dietary protein and plant cell wall digestion in pigs: comparison of four surgical procedures for ileo-rectal anastomosis. **Livestock Production Science**, v.40, p.313-328, 1994.

- LETERME, P., PIRARD, L., THÉWIS, A., FRANÇOIS, E. A note on the rate of passage of digesta in pigs ileo-rectostomized or fitted with an ileal T-cannula. **British Society of Animal Production**, v.53, p.253-256, 1991a.
- LETERME, P., PIRARD, L., THÉWIS, A., FRANÇOIS, E. Comparison of the rate of passage of digesta in pigs modified by ileo-rectal anastomosis or fitted with an ileal t-cannula. In: DIGESTIVE PHYSIOLOGY IN PIGS, 5, 1991, Wageningen. **Proceedings...** Wageningen: Pudoc, 1991b, p.361-366.
- LETERME, P., THÉWIS, A., BECKERS, Y., BAUDART, E. Apparent and true ileal digestibility of aminoacids and nitrogen balance measured in pigs with ileo-rectal anastomosis or T-cannulas, given a diet containing peas. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.52, p.485-497, 1990.
- LI, S., SAUER, W.C. The effect of dietary fat content on amino acid digestibility in young pigs. **Journal of Animal Science**, v.72, p.1737-1743, 1994.
- LI, S., SAUER, W.C., HARDIN, R.T. Effect of dietary fibre level on amino acid digestibility in young pigs. **Canadian Journal of Animal Science**. v.74, n2, p.327-333, 1994.
- LOPES, M.A.F., FONTES, D.O., SOUZA, A.V.C., ANTUNES, F., POMPERMAYER, L.G., SILVA, J.C.P. Anastomose íleo-retal em suínos com colostomia (técnica de LAPLACE modificada). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35, 1998, Botucatu. **Anais...** Botucatu: SBZ, 1998, v.4, p.327-329.
- LOW, A.G. Digestibility and availability of amino acids from feedstuffs for pig: a review. **Livestock Production Science**, v.9, p.511-520, 1982.
- LOW, A.G. Nutrient absorption in pigs. **Journal of Science Food and Agriculture**, v. 31, p. 1087-1130, 1980.
- MAYNARD, L. D., LOOSLI, J. K., HINTZ, H. F., WARNER, R. G. **Nutrição animal**. 3. Ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1984, 726p.
- MEJÍA, A.M.G., FERREIRA, W.M. Métodos de avaliação da disponibilidade da proteína e dos aminoácidos nos alimentos para não ruminantes. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO DE MONOGÁSTRICOS, 1996, Seropédica. **Anais...** Seropédica: UFRRJ, 1996, p. 1-29.
- MISIR, R., SAUER, W.C. Effect of starch infusion at the terminal ileum on nitrogen balance and apparent digestibilities of nitrogen and amino acid and pigs fed meat and bone and soybean meal diets. **Journal of Animal Science**, v.55, p.599-607, 1982.

- MITARU, B.N., BLAIR, R., REICHERT, R.D., ROE, W.E. Dark and yellow rapeseeds hulls, soyabean hulls and a purified fiber source: their effects on dry matter, energy, protein and amino acid digestibilities in cannulated pigs. **Journal of Animal Science**, v.59, p.1510-1518, 1984.
- MOUGHAN, P.J., SMITH, W.C. A note on the effect of cannulation of the terminal ileum of the growing pig on the apparent ileal digestibility of amino acids in ground barley. **Animal Production**, v.44, p.319-321, 1987.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutriente requirement of swine**. 10.ed. Washington, DC: National Academy Science, 1998, 189p.
- NYACHOTI, C.M., de LANGE, C.F.M., McBRIDE, B.W., SCHULZE, H. Significance of endogenous gut nitrogen losses in the nutrition of growing pigs : a review. **Canadian Journal of Animal Science**, v.77, p.149-163, 1997.
- PARSONS, C.M. Amino acids availability in feedstuffs for poultry and swine. In: **Recent advances in aminoacid nutrition**. Ajinomoto Inc. Publication, 1985, p.35-48.
- PARTRIDGE, I.G., LOW, A.G., MATTE, J.J. Double-low rapeseed meal for pigs: ileal apparent digestibility of amino acids in diets containing various proportions of rapeseed meal, fish meal and soya-bean meal. **Animal Production**, v.44, p.415-420, 1987.
- PEKAS, J.C. Versaible swine laboratory apparatus for physiologic and metabolic studies. **Journal of Animal Science**, v.27, p.1303-1306, 1968.
- RHÔNE POULENC. Feed ingredients formulation in digestible amino acids. **Rhodimet Nutrition guide**. Rhône Poulenc Animal Nutrition, France, 2.ed., 1993, 55p.
- ROSTAGNO, H.S., FEATHERSTON, W.R. Estudos de métodos para determinação de disponibilidade de aminoácidos. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.6, n.1, p.64-75, 1977.
- ROSTAGNO, H.S., SILVA, D.J., COSTA, P.M.A., FONSECA, J.B., SOARES, P.R., PEREIRA, J.A.A., SILVA, M. **Composição de alimentos e exigências nutricionais de aves e suínos (Tabelas Brasileiras)**. Viçosa, MG: UFV, Impr. Univ., 1994, 58p.
- ROSTAGNO, H.S., SILVA, D.J., COSTA, P.M.A., FONSECA, J. B., SOARES, P.R. PEREIRA, J.A.A., SILVA, M. **Composição de alimentos e exigências nutricionais de aves e suínos (Tabelas Brasileiras)**. Viçosa, MG: UFV, Impr. Univ., 1987, 59p.

- ROZAN, P., LAMGHARI, R., LINDER, M., VILLAUME, C., FANNI, J., PARMENTIER, M., MÉJEAN, L. "In vivo" and "in vitro" digestibility of soybean, lupine, and rapeseed meal proteins after various technological processes. **Journal of Agriculture Food Chemistry**, v.45, p.1762-1769, 1997.
- 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, 1992, p.87-120.
- SAUER, W.C., CICHON, R., MISIR, R. Amino acid availability and protein quality of canola and rapeseed meal for pigs and rats. **Journal of Animal Science**, v.54, p.292-301, 1982.
- SAUER, W.C., OZIMEK, L. Digestibility of amino acids in swine : Results and their practical applications. A review. **Livestock Production Science**, v.15, p.367-388, 1986.
- SAUER, W.C., STOTHERS, S.C., PAKER, R.J. Apparent and true availability of amino acid and wheat and milling by products for growing pigs. **Canadian Journal of Animal Science**, v.57, p.775-784, 1977a.
- SAUER, W.C., STOTHERS, S.C., PHILLIPS, G.D. Apparent availabilities of amino acids in corn, wheat and barley for growing pigs. **Canadian Journal of Animal Science**, v.57, p.585-597, 1977b.
- SCHMITZ, M., AHRENS, F., SCHÖN, J., HAGEMEISTER, H. Amino acid absorption and its significance for protein supply in the pig. In: DIGESTIVE PHYSIOLOGY IN PIGS, 5, 1991, Wageningen. **Proceedings...** Wageningen: Pudoc, 1991, p.85-87.
- SERRANO, V.O.S. **Digestibilidade dos aminoácidos de suplementos protéicos em suínos, submetidos ou não a anastomose íleo-retal.** Viçosa – MG: UFV, 1989. 55p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1989.
- SILVA, D.J. **Análise de alimentos** (métodos químicos e biológicos). Viçosa, MG: UFV, Impr. Univ., 1990, 165p.
- SOUFFRANT, W.B. Endogenous nitrogen losses during digestion in pigs. In: DIGESTIVE PHYSIOLOGY IN PIGS, 5, 1991, Wageningen. **Proceedings...** Wageningen: Pudoc, 1991, p.147-166.
- SOUZA, A.V.C. **Composição química e valor nutritivo do milho com diferentes níveis de carunchamento para suínos.** Viçosa – MG: UFV,

1999. 55p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1999.

SWAISGOOD, H.E., CATIGNANI, G.L. Protein digestibility: in vitro methods of assessment. **Advances in Food and Nutrition Research**, v.35, p.185-236, 1991.

TANKSLEY JÚNIOR, T.D., KNABE, D.A. Ileal digestibilities of amino acids in pig feeds and their use in formulating diets In: HARESIGN, W., COLE, D.J.A. **Recent advances in animal nutrition**. London: Butterworths, 1984, p.75-95.

TANKSLEY JÚNIOR, T.D., KNABE, D.A. Researchers outline amino acid digestibilities of some high-protein feedstuffs and use in swine diet formulations. **Feedstuffs**, dez, 16-19p., 1982.

TANKSLEY JÚNIOR, T.D., KNABE, D.A., PURSER, K., ZEBROWSKA, T., CORLEY, J.R. Apparent digestibility of amino acids and nitrogen in three cottonseed meals and one soybean meal. **Journal of Animal Science**, v.52, p.769-777, 1981.

TAVERNER, M.R., HUME, I.D., FARELL, D.J. Availability to pigs of amino acids in cereal grains. 1. Endogenous levels of amino acids in ileal digesta and faeces of pigs given cereal diets. **British Journal of Nutrition**, v. 46, p.149-158, 1981.

VAN LEEUWEN, P., VAN KLEEF, D.J., VAN KEMPEN, G.J.M., HUISMAN, J., VERSTEGEN, M.W.A. The post-valve T caecum cannulation technique in pigs applicated to determine the digestibility of amino acids in maize, groundnut and sunflower meal **Journal Animal Nutrition and Animal Physiology**, p.124-135, 1991.

VAN LEEUWEN. A new technique for collection of ileal chyme in pig. In: DIGESTIVE PHYSIOLOGY IN PIGS, 4, 1988, Jablona. **Proceedings...** Jablona: Polish Academic of Sciences, 1988, p.234-245.

VAN LEEUWEN. P. Methodical aspects for determination of amino acid digestibilities in pigs fitted with ileocecal re-entrant cannulas. **Journal Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 58, p.122-133, 1987.

VARNISH, S. A., CARPENTER, K. J. Mechanisms of heat damage in proteins. 6. The digestibility of individual aminoacids in heated and propinylated proteins. **British Journal of Nutrition**, v.34, p.339-349, 1975.

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.