

ALESSANDRO MORATO DO AMARAL

**DIGESTIBILIDADE ILEAL APARENTE E VERDADEIRA DE
AMINOÁCIDOS EM ALIMENTOS UTILIZADOS EM DIETAS PARA
SUÍNOS EM CRESCIMENTO**

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
2001**

ALESSANDRO MORATO DO AMARAL

**DIGESTIBILIDADE ILEAL APARENTE E VERDADEIRA DE
AMINOÁCIDOS EM ALIMENTOS UTILIZADOS EM DIETAS PARA
SUÍNOS EM CRESCIMENTO**

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”.

Aos meus pais Mauro e Sônia por me apoiarem sempre e
pelos exemplos de dignidade e coragem.

Aos meus irmãos Fabiano e Giuliano pela compreensão
e ajuda nos momentos de maior dificuldade.

A toda minha família e também a Deus.

AGRADECIMENTO

À Universidade Federal de Viçosa (UFV), pela oportunidade de realização do curso.

Ao Departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da UFV, que, mediante seus professores e funcionários, tiveram participação direta na realização deste trabalho.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo financiamento do projeto.

À Ajinomoto Animal Nutrition pelas análises de aminoácidos realizadas.

Ao professor, Darci Clementino Lopes pela orientação, pela paciência e compreensão nos momentos de dificuldade e pela amizade.

Aos professores conselheiros Juarez Lopes Donzele e Alóizio Soares Ferreira, pela contribuição dada para o sucesso deste trabalho.

Aos membros da Banca examinadora, Professor Horácio Santiago Rostagno, Júlio Maria Ribeiro Pupa, e Luiz Fernando Teixeira Albino.

A todos os professores do Departamento de Zootecnia, pelos ensinamentos.

Aos funcionários do Setor de Suinocultura da UFV, Francisco Ilário (“Chico”), Francisco Ferreira (“Marreco”), José Lopes (“Bié”), Raimundo, Sebastião (“Tião”), Vítor e Roberto, pelo apoio e constante amizade

Em especial ao amigo José Alberto “Dedeco”, pela dedicação, pelo companheirismo, pela presteza e apoio na realização deste trabalho.

Aos funcionários do Setor de Avicultura da UFV, Adriano, Elísio, Josélinho e Mauro pela colaboração e amizade.

Aos funcionários do Departamento de Zootecnia, em especial a Fernando, Monteiro, Adilson, Cláudio Paulon, Raimundo, Venâncio, Celeste, Márcia, Rosana, Valdir e Vera.

Carinhosamente, agradeço aos meus amigos, Alexandre, Ramalho, Rafael, Anel, Paulo, Aurélio, Charles, José Renato, Nair, Moacir, Andréia, Álvaro, Elisa, Edênio, Lara, Viviane, Lourdes, Roberta, Luciana, Luciene, José Luciano, Gisele, André, Laidy, Leidimara, Marquinho pela amizade e convívio nos bons e maus momentos.

Aos amigos Américo, André, Emerson, Marcus, Roberta, Rodrigo, Salete e Shirley pelo apoio nos momentos mais difíceis.

Ao amigo Emanuel pela eficiente ajuda oferecida no período experimental.

Em especial ao companheiro de vestibular e amigo Eduardo Terra Nogueira por estar sempre presente e disposto a contribuir no que fosse preciso e ao companheiro de trabalho e amigo Paulo César Pozza pela ajuda dispensada durante todo o período experimental, por todas as dúvidas esclarecidas e pela orientação dada até o momento da conclusão desta tese.

E, principalmente à minha família pelo apoio durante toda minha vida. Aos meus irmãos Fabiano e Giuliano pelos esforços que permitiram minha jornada até aqui. Ao meu pai Mauro pela dedicação e pelos exemplos de caráter e bondade demonstrados ao longo de todos os anos em que vivi. A minha mãe, Sônia pelos cuidados e carinhos dispensados durante todos esses anos e pelo exemplo de força e coragem demonstrados em sua batalha diária pela vida.

A todos que contribuíram para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

Alessandro Morato do Amaral, filho de Mauro Morato do Amaral e Sônia Maria Gonçalves Morato, nasceu em Sorocaba-SP, em 29 de setembro de 1971.

Em abril de 1992, iniciou na Universidade Federal de Viçosa o curso de graduação em Zootecnia, concluindo-o em dezembro de 1997.

Em outubro de 1998, ingressou no curso de Mestrado em Zootecnia, na área de Nutrição de Monogástricos, nessa mesma Universidade, submetendo-se à defesa de tese em 13 de dezembro de 2001.

ÍNDICE

RESUMO.....	viii
ABSTRACT	ix
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1. Digestibilidade Fecal.....	4
2.2. Digestibilidade Ileal.....	5
2.2.1. Digestibilidade Ileal Aparente.....	8
2.2.2. Digestibilidade Ileal Verdadeira.....	9
2.3. Dieta Isenta de Proteína (DIP).....	12
2.4. Disponibilidade.....	14
Capítulo 1: DIGESTIBILIDADE ILEAL APARENTE E VERDADEIRA DE AMINOÁCIDOS DO FARELO DE ARROZ E LEVEDURAS DE CANA COM SUÍNOS EM CRESCIMENTO.	
RESUMO.....	16
ABSTRACT.....	18
1. INTRODUÇÃO.....	19
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	21
Tabela 1– Composição percentual média dos alimentos analisados.....	23
Tabela 2– Composição centesimal das dietas experimentais.....	24
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27
Tabela 3 – Coeficientes de digestibilidade ileal aparente da proteína bruta (CDapPB) e de aminoácidos (CdapAA) dos alimentos, utilizando cânula T simples, com suínos	28

Tabela 4 – Valores médios de aminoácidos endógenos ileais, determinados utilizando uma dieta isenta de proteína (DIP), pela técnica T simples, com suínos.....	33
Tabela 5 – Coeficientes de digestibilidade ileal verdadeira de aminoácidos (CdVAA) de alimentos, utilizando cânula T simples, com suínos.....	34
Tabela 6 – Conteúdo de aminoácidos digestíveis verdadeiros de alimentos para suínos em crescimento, utilizando cânula T simples.....	37
4. CONCLUSÕES.....	38
Capítulo 2: DIGESTIBILIDADE ILEAL APARENTE E VERDADEIRA DE AMINOÁCIDOS EM FARINHA DE VÍSCERAS DE AVES, SUÍNOS E MISTA E FARINHA DE PENAS COM SUÍNOS EM CRESCIMENTO.	
RESUMO.....	39
ABSTRACT.....	41
1. INTRODUÇÃO.....	42
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	44
Tabela 1– Composição percentual média dos alimentos analisados.....	46
Tabela 2– Composição centesimal das dietas experimentais.....	47
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	50
Tabela 3 – Coeficientes de digestibilidade ileal aparente da proteína bruta (CDapPB) e de aminoácidos (CDapAA) dos alimentos, utilizando cânula T simples, com suínos	51
Tabela 4 – Valores médios de aminoácidos endógenos ileais, determinados utilizando uma dieta isenta de proteína (DIP), pela técnica T simples, com suínos.....	54
Tabela 5 – Coeficientes de digestibilidade ileal verdadeira de aminoácidos (CDVAA) de alimentos, utilizando cânula T simples, com suínos...	55
Tabela 6 – Conteúdo de aminoácidos digestíveis verdadeiros de alimentos para suínos em crescimento, utilizando cânula T simples.....	58
4. CONCLUSÕES.....	59
CONCLUSÃO GERAL.....	60
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	61

RESUMO

AMARAL, Alessandro Morato, M.S., Universidade Federal de Viçosa, dezembro de 2001. **Digestibilidade ileal aparente e verdadeira de aminoácidos em alimentos utilizados em dietas para suínos em crescimento.** Orientador: Darci Clementino Lopes. Conselheiros: Juarez Lopes Donzele e Aloízio Soares Ferreira.

Dois experimentos foram realizados com o objetivo de avaliar a digestibilidade ileal aparente e verdadeira de aminoácidos em diversos alimentos utilizados na alimentação de suínos. No primeiro experimento, foi avaliada a digestibilidade de aminoácidos do farelo de arroz, levedura de cana de baixa proteína e levedura de cana de alta proteína. Seis suínos machos castrados com peso médio de 40 kg foram utilizados para este objetivo. O segundo experimento objetivou a determinação da digestibilidade dos aminoácidos de farinha de vísceras de aves, farinha de vísceras de suínos, de farinha de vísceras mista e farinha de penas, utilizando oito suínos machos castrados, pesando inicialmente 40 kg em média. Em ambos experimentos, os animais foram distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições realizadas em dois períodos experimentais. O alimento a ser testado constituiu a única fonte de proteína da dieta. A ração foi fornecida com base no peso metabólico dos animais. O fornecimento de água foi à vontade. A determinação dos aminoácidos endógenos foi feita através da utilização de uma dieta isenta de proteína. Todos os alimentos testados apresentaram coeficientes de digestibilidade de seus aminoácidos de satisfatório a alto, podendo, com base neste parâmetro, serem empregados como substitutos dos alimentos convencionalmente utilizados na formulação de dietas para suínos desde que respeitados os níveis de inclusão mais adequados para cada alimento.

ABSTRACT

AMARAL, Alessandro Morato, M.S., Universidade Federal de Viçosa, december of 2001. **Apparent and true ileal digestibility of amino acids on feeds used in growing swine diets.** Adviser: Darci Clementino Lopes. Committee Members: Juarez Lopes Donzele and Aloizio Soares Ferreira.

Two trials were carried out in order to determine the apparent and true ileal digestibilities of amino acids in some feeds used in formulation of growing swines diets. In the first experiment, rice bran, low protein dry yeast and high protein dry yeast were evaluated. Six castrate males with initial average weight of 40 kg were fitted with a simple T-cannula in the distal ileum. In the second experiment was determined the digestibility of amino acids in poultry by-products meal, swine by-products meal, a mixture of poultry and swine by-products meal and feather meal. Eight castrate males with initial average weight of 40 kg were fitted with a simple T-cannula in the distal ileum. Both trials were conducted in a randomized design with three treatments and four replications carried out in two experimental periods. The feeds evaluated was the only protein source of diet. Animals received the meals according to the metabolic weight. The water was given *ad libitum*. A protein free diet was used to determine the endogenous losses. The digestibility coefficients of amino acids in all tested meals were satisfactory or high. Based on this results the feedstuffs evaluated are good alternatives for the conventional ingredients in the swine formulation diets. Attention must be taken with respect to the adequate level of inclusion of this feeds in the diets.

1. INTRODUÇÃO

Um importante objetivo da produção animal é a conversão da proteína de origem vegetal em proteína de origem animal. Essa conversão se dá com uma eficiência de aproximadamente 50%, sendo que as perdas protéicas ocorrem nos processos associados à digestão, manutenção de órgãos e tecidos, ineficiência na utilização de aminoácidos absorvidos para a síntese de proteína e ao uso destes aminoácidos como fonte de energia (TAMMINGA, et al., 1995).

Segundo WILLIAMS (1995), uma precisa medição dos requerimentos de aminoácidos para manutenção e crescimento dos animais, assim como um adequado suprimento desses aminoácidos através do alimento, são essenciais para otimizar a produção. Além disso, uma recente preocupação tem surgido quanto aos efeitos da formulação das dietas sobre a emissão de dejetos e a respeito de qual influência essa formulação pode exercer sobre a redução da poluição ambiental.

O sucesso da formulação de uma dieta pode ser medido pela precisão com a qual os requerimentos nutricionais podem ser supridos para que o animal atinja o máximo desempenho com um mínimo de perdas. Assim foi desenvolvido o conceito de proteína ideal, que tem por objetivo suprir os tecidos com uma composição ideal de aminoácidos para manutenção e deposição protéica.

Dentre os diversos nutrientes existentes nos alimentos, a proteína é um importante componente no cumprimento dos requerimentos nutricionais dos animais domésticos. Enquanto os carboidratos e gorduras servem primeiramente como fonte de energia, a proteína do alimento é principalmente incorporada como massa estrutural.

No entanto, nem toda proteína encontrada no alimento pode ser aproveitada pelo animal. Parte dos aminoácidos componentes da proteína é perdida durante os processos de digestão e absorção, não contribuindo, portanto para o suprimento das exigências do animal.

Devido à função exercida pela proteína no ganho de massa corporal magra e ao elevado custo da incorporação da mesma na ração, é de grande utilidade a determinação da qualidade dos alimentos quanto a sua capacidade em fornecer aminoácidos na forma digestível para os animais. Portanto, um profundo conhecimento da composição química dos alimentos, bem como dos processos de digestão, absorção e utilização de nutrientes pelo animal assume fundamental importância.

A formulação de dietas melhor balanceadas e cada vez mais próximas das reais necessidades do animal, permitirá a obtenção de uma carne com elevado teor de proteína em detrimento ao de gordura, e uma redução no impacto ambiental em decorrência de uma redução nas perdas de nutrientes através das fezes, o que vai de encontro às expectativas dos consumidores, ambientalistas e da indústria de processamento. A melhor utilização dos nutrientes fornecidos na dieta possibilitará ainda uma melhora na conversão alimentar e um maior ganho de peso pelo animal com um conseqüente aumento de produtividade e uma redução nos custos de produção.

Dessa forma, objetivou-se avaliar as digestibilidades ileal aparente e verdadeira dos aminoácidos em alimentos energéticos e protéicos em dietas para suínos em crescimento através do uso de cânula -T simples.

2. REVISÃO DE LITERATURA

De acordo com JIANG (1997), o grande desafio para o nutricionista está na determinação do valor nutricional real dos alimentos, pois nem todos os nutrientes estão disponíveis para utilização pelo animal. Apenas aqueles nutrientes que podem ser digeridos, absorvidos e metabolizados pelo animal para manutenção, crescimento e reprodução, representam o verdadeiro valor nutricional do alimento.

Um fator muito importante na formulação de dietas para suínos é o conhecimento da habilidade de cada alimento em suprir de forma adequada os aminoácidos necessários à síntese de proteína pelo animal (LOW, 1982).

O conceito de aminoácidos digestíveis para suínos tem recebido grande atenção e esforços de pesquisa. O valor nutritivo da proteína para monogástricos não pode ser determinado somente pela sua composição aminoacídica, mas também pela digestibilidade de seus aminoácidos, particularmente daqueles mais prováveis de serem limitantes (MOSENTHIN 2000).

Segundo BAKKER e JONGBLOED (1993), os coeficientes de digestibilidade são os mais importantes parâmetros na avaliação do valor nutritivo dos alimentos, sendo portanto necessário que os métodos utilizados na determinação desses coeficientes sejam precisos e confiáveis.

2.1. Digestibilidade Fecal

Durante muito tempo, os métodos utilizados na determinação da digestibilidade dos alimentos basearam-se na coleta total de fezes. Através do método de análise fecal, é calculada a diferença entre as quantidades de cada aminoácido consumido e excretado nas

fezes. Seguindo essa metodologia, são obtidos os valores de digestibilidade fecal, em geral superestimados devido à ação microbiana no intestino grosso.

De acordo com LAPLACE (1986), além de os microorganismos que compõem a flora intestinal constituírem por si mesmos um produto nitrogenado, a atividade biológica destes microorganismos deve ser considerada, especialmente a que ocorre no intestino grosso. Essa atividade, ou seja, a síntese de proteína microbiana, depende da quantidade de resíduos de aminoácidos fermentáveis que deixam o intestino delgado, podendo ser elevada para alguns aminoácidos como a metionina

Segundo Zebrowska (1973), citado por LENIS (1992), no intestino grosso, os microorganismos degradam os aminoácidos da proteína endógena secretada no intestino delgado e das proteínas dietéticas indigeridas. Sauer et al. (1977) observaram em animais recebendo dietas isentas de proteína, o desaparecimento dos aminoácidos arginina, histidina, treonina, glicina, prolina, serina e do nitrogênio total entre o final do íleo e o final do reto. Os mesmos autores relatam pequeno, porém consistente aumento dos aminoácidos isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, valina e ácido aspártico no mesmo segmento. No entanto, Zebrowska (1973), citado por LOW (1979), demonstrou que a infusão de nitrogênio na forma de aminoácidos diretamente na porção terminal do íleo acarretou em absorção do mesmo no intestino grosso e rápida eliminação na urina. O nitrogênio proveniente dos aminoácidos pode ser absorvido pelo intestino grosso, principalmente na forma de amônia, a qual será transportada para o fígado, convertida em uréia e excretada na urina, não havendo absorção significativa de aminoácidos no intestino grosso (MONSENTHIN et al., 2000).

Esta interferência constitui uma importante fonte de erro quando se estima a digestibilidade fecal de aminoácidos. Exceto para a metionina que geralmente é subestimada, a superestimação dos valores de digestibilidade de aminoácidos pela ação microbiana varia de 5 a 6% em média, podendo chegar a 15% dependendo do aminoácido considerado (LAPLACE, 1986). Quanto menor for a qualidade da proteína do alimento, mais significativa será a diferença entre os valores de digestibilidade ileal e os valores de digestibilidade fecal (MONSENTHIN et al., 2000).

2.2. Digestibilidade Ileal

Na tentativa de reduzir a interferência microbiana na digestibilidade dos alimentos, são utilizadas metodologias que impedem que a digesta ou parte dela entre em contato com os

microorganismos do intestino grosso. Dessa forma são obtidos os valores de digestibilidade ileal dos alimentos.

A digestibilidade de aminoácidos, determinada através da digesta coletada próximo à porção final do intestino delgado é geralmente considerada mais adequada na medição da absorção de aminoácidos em suínos do que a coleta total de fezes (TAVERNER et al. 1981; HAYDON et al., 1984; SAUER e OZIMEK, 1986; LAPLACE e LIN et al., 1987; DARCY, 1989).

Para LAPLACE (1986), uma vez estabelecido um consenso quanto a superioridade da determinação da digestibilidade pelo coleta da digesta ileal, as discussões e questionamentos devem concentrar-se na determinação da melhor técnica disponível para este fim. Segundo o autor, o acesso artificial ao lúmen do trato digestivo para uma coleta da digesta na porção terminal do íleo pode ser assegurado por fistulação cirúrgica. Esta pode ser uma fistulação simples onde é criado um acesso lateral ao intestino, sem que ocorra quebra da continuidade do fluxo intestinal, ou reentrante, na qual a continuidade do fluxo da digesta no intestino é quebrada, permitindo que o fluxo da mesma ocorra externamente ao corpo do animal através da cânula.

NYACHOTI et al. (1997), discutindo os princípios dos procedimentos utilizados na coleta da digesta ileal destaca entre os processos de canulação, o emprego de cânulas reentrantes, de cânulas-T pós valvular e de cânulas-T simples. Outras metodologias para a determinação da digestibilidade ileal, incluem a técnica de anastomose íleo retal e a técnica do sacrifício dos animais.

A utilização de cânulas reentrantes tem como principais inconvenientes a completa transecção do intestino delgado, interrompendo seu funcionamento normal e a alta incidência de entupimento da cânula (FULLER, 1991). A incidência de entupimento é agravada por níveis de consumo elevados e pelo aumento dos níveis de fibra e fatores que elevam a viscosidade do lúmen intestinal. As principais vantagens desse método são a de permitir uma coleta quantitativa e uma amostragem representativa da digesta, não exigindo o emprego de marcadores digestivos (NYACHOTI et al., 1997). No entanto, para LAPLACE (1986), essa vantagem seria válida apenas para uma derivação contínua da digesta. Uma vez que existem importantes variações qualitativas e quantitativas no trânsito intestinal ao longo do dia, o limitado tempo de coleta induziria à utilização de marcadores.

A técnica de utilização da cânula T pós-valvular envolve a remoção inteira do ceco exceto a área ao redor do esfíncter íleo-cecal, a qual é preparada para a substituição pela cânula (NYACHOTI et al., 1997), permitindo que a integridade anatômica e funcional do íleo

e do esfíncter íleo-cecóclico seja preservada LAPLACE (1986). Este método permite uma coleta quantitativa da digesta, além de permitir a determinação da digestibilidade dietas grosseiras e daquelas contendo elevados níveis de fibra. Os principais questionamentos sobre este método são quanto aos possíveis efeitos fisiológicos da cecectomia sobre a digestibilidade ileal e ao fato da sua possível superioridade sobre a cânula-T simples não ter sido comprovada (NYACHOTI et al., 1997). Além disso, poderia ocorrer refluxo do conteúdo cecal para o íleo. Devido às diferenças existentes entre as populações microbianas que colonizam os dois segmentos intestinais, a ocorrência de tal refluxo alteraria os resultados de digestibilidade encontrados com o emprego desta metodologia.

Na anastomose íleo-retal, é feita uma completa transecção do intestino delgado, ligando a porção terminal do íleo ao reto, permitindo a passagem livre da digesta para que a mesma possa ser coletada no final do reto sem ter sofrido ação microbiana. No entanto, como na maioria dos procedimentos cirúrgicos, o impacto sobre a fisiologia e nutrição do animal deve ser considerado, como por exemplo, a mudança no papel funcional do intestino delgado decorrente da perda do cólon (NYACHOTI et al., 1997), podendo alterar a composição aminoácídica da digesta e os valores de digestibilidade observados (FULLER, 1991). Além disso, pode ainda haver um comprometimento da síntese de vitaminas e uma significativa redução na reabsorção de água e eletrólitos, assim como na produção de ácidos graxos voláteis, e portanto exercer influência negativa sobre o balanço energético do animal (LAPLACE, 1986).

A técnica do sacrifício envolve o abate dos animais para que seja feita a coleta da digesta contida no intestino delgado. As maiores críticas a este método ocorrem devido ao fato do animal não poder ser usado como seu próprio controle, uma vez que apenas uma medição pode ser obtida por animal e devido à obtenção de uma amostragem pouco representativa da digesta (NYACHOTI et al., 1997).

De acordo com SAUER e OZIMEK (1986), dentre os processos de determinação da digestibilidade ileal, o que utiliza uma cânula-T simples inserida cirurgicamente 5 a 10 cm anterior a alça ileo-cecal é um dos mais difundidos atualmente devido a sua relativa simplicidade e capacidade de fornecer os valores de digestibilidade dos alimentos de maneira satisfatória.

Segundo KNABE (1991), a cirurgia de implantação da cânula-T é mais simples que a de implantação da cânula re-entrante e os problemas de entupimento são mínimos, a menos que o alimento seja muito fibroso. Tais cânulas são bem toleradas por longos períodos, geralmente limitados apenas pelo crescimento do animal (FULLER, 1991).

Quando cânulas-T simples são utilizadas, há uma incerteza quanto ao momento mais adequado para serem coletadas as amostras e ao grau de representatividade desta amostragem já que talvez possa ocorrer uma sedimentação da digesta no interior da cânula ou ao redor dela. Tais problemas podem ser contornados com o uso de marcadores indigestíveis (indicadores), para estimar o fluxo total da digesta (LOW, 1980; LAPLACE, 1986; FULLER et al., 1994 e NYACHOTI et al., 1997). É assumido por esse método que todo o indicador fornecido com a dieta passa pela porção terminal do íleo e que a fração do marcador que emerge com a digesta coletada através da cânula é a mesma encontrada na digesta que flui normalmente através do íleo (FULLER et al., 1994).

No entanto, NYACHOTI et al., (1997) aponta a incerteza quanto a homogeneidade da dieta fornecida e da digesta coletada como a principal limitação da utilização de cânulas-T simples.

Todos os métodos de coleta utilizados na determinação da digestibilidade ileal tem suas limitações e nenhum deles pode ser considerado o melhor para qualquer propósito (FULLER, et al., 1994).

2.2.1 Digestibilidade Ileal Aparente

Nos estudos convencionais de digestibilidade, não é possível distinguir no conteúdo ileal ou fecal, os aminoácidos dietéticos indigeridos, dos aminoácidos endógenos não reabsorvidos, sendo obtidos os valores de digestibilidade aparente (NYACHOTI, 1997; TAMMINGA, et al., 1995).

De acordo com SOUFFRANT (1991), o método de determinação da digestibilidade aparente considera que toda proteína bruta ou aminoácidos encontrados nas fezes ou digesta são originários do alimento ingerido. Digestibilidade aparente é uma medição da absorção total de aminoácidos, não levando em consideração os aminoácidos de origem endógena (KNABE, 1991).

ALBIN et al. (2001) verificando o efeito da ingestão alimentar sobre a digestibilidade ileal aparente de aminoácidos afirmam que a utilização dos coeficientes de digestibilidade ileal aparente na formulação de dietas para suínos é aceitável quando os animais recebem ração à vontade.

De acordo com MONSANTHIN et al. (2000), apesar das diferenças óbvias que ocorrem nos valores de digestibilidade aparente entre alimentos distintos, ocorrem também

consideráveis diferenças de digestibilidade da proteína e aminoácidos entre diferentes amostras de um mesmo alimento. Algumas destas diferenças podem ser atribuídas à diferenças nas condições de processamento e qualidade da matéria prima e fatores como variedade dos grãos, aplicação de fertilizantes e condições ambientais. No entanto, grande parte desta diferença ocorre devido a falhas nas metodologias de medição. Pesquisas mostram que há um significativo aumento nos coeficientes de digestibilidade ileal aparente da proteína e de todos os aminoácidos, com o aumento dos níveis dietéticos de proteína. Este aumento é proporcional ao nível protéico da dieta, tornando-se menos significativo à medida que o aporte de proteína dietética se eleva, até um ponto no qual os coeficientes de digestibilidade tornam-se independentes do nível de aminoácidos da dieta. Quando uma maior quantidade de proteína é fornecida na dieta, a proteína de origem endógena passa a contribuir em menor proporção para o total da proteína coletada na digesta ileal e, portanto, interferir menos nos valores de digestibilidade aparente.

Uma vez que a digestibilidade aparente de aminoácidos é influenciada pela proteína bruta ou nível de aminoácidos da dieta, é esperado que a digestibilidade verdadeira ao invés da aparente forneça maior acurácia para a formulação de rações (FURUYA e KAJI, 1989). Na prática, o nível de inclusão de proteína ou aminoácidos sintéticos nas dietas formuladas para suínos deverá ser reduzido ainda mais, tendo em vista que os valores de digestibilidade aparente são sempre menores que os valores de digestibilidade verdadeira (KNABE, 1991).

2.2.2 Digestibilidade Ileal Verdadeira

De acordo com MOSENTHIN et al. (2000), o cálculo da digestibilidade ileal estandardizada requer uma estimativa da quantidade não específica, ou seja, da fração endógena que não sofre influência da dieta, da proteína e aminoácidos endógenos recuperados na digesta ileal.

Segundo LEIBHOLZ (1982), durante a passagem do alimento pelo trato alimentar, consideráveis quantidades de proteínas endógenas são adicionadas na forma de secreções digestivas e células de descamação. As proteínas secretadas são em parte digeridas e absorvidas no intestino delgado. No entanto uma porção dessas proteínas atinge o íleo, criando uma discrepância entre os valores de digestibilidade aparente e verdadeira RIVEST et al. (2000).

A quantidade total de nitrogênio passando através do íleo terminal depende do nitrogênio não digerido da dieta e do nitrogênio endógeno que não é absorvido (Yin et al., 2000). Devido a ineficiência metabólica associada à produção de proteína endógena, as reais perdas de aminoácidos e energia pelos animais seriam maiores do que aqueles valores recuperados no final do intestino delgado ou fezes (NYACHOTI et al., 1997).

Um completo balanço entre os aminoácidos ingeridos e excretados deve levar em consideração a interferência, de variável importância, da entrada adicional de proteínas e aminoácidos não provenientes da dieta, e da incompleta reabsorção destas substâncias. A fração endógena não absorvida corresponde a aproximadamente 10% do total produzido e a presença desta fração na digesta leva a uma subestimação da digestibilidade de aminoácidos (LAPLACE, 1986).

Segundo Buraczewski, 1986, citado por RIVEST et al. (2000), proteínas endógenas podem vir da secreção de enzimas pelas glândulas salivares, estômago ou pâncreas, da secreção de muco e da descamação de células da parede gastrointestinal.

É esperado que a proteólise e reabsorção destas substâncias seja alta, com exceção para mucina que, por ser altamente resistente a degradação, provavelmente contribua para uma substancial fração da secreção endógena não reabsorvida, com maior relevância para as perdas de serina, prolina, treonina e cistina (FULLER, 1991).

De acordo com BUTTS et al. (1992), os principais componentes da excreção endógena de nitrogênio no íleo terminal, são aminoácidos, sendo a fração de compostos nitrogenados não amínicos bastante reduzida. Tais aminoácidos por sua vez, seriam encontrados principalmente como proteínas, havendo uma pequena proporção de aminoácidos na forma livre ou em forma de peptídeos.

Segundo Corring e Jung (1972), citados por SOUFFRANT (1991), 60% do nitrogênio do suco pancreático estão na forma protéica, enquanto 40% se encontram na forma de uréia. Cerca de 75% do nitrogênio encontrado na bile é α -amínico, 95% do qual está na forma de glicina. Dos demais 25%, um terço está na forma de sulfato de amônia e os dois terços restantes não são bem identificados.

De acordo com BURACZEWSKA (1979b), 86 a 90% do nitrogênio secretado no intestino delgado, estão na forma solúvel, dos quais 50 a 70% são α -amínicos (dois terços na forma de aminoácidos livres e os demais na forma de proteína). Os aminoácidos livres encontrados em maior proporção foram os ácidos glutâmico e aspártico e os encontrados em menor proporção, a metionina e a histidina. O restante do nitrogênio solúvel é provavelmente

constituído de amidas, amino-açúcares e uréia. O nitrogênio insolúvel é constituído principalmente por células de descamação.

Os fatores que exercem os efeitos mais notáveis na variação de nitrogênio ileal endógeno são a ingestão de alimento, peso corporal e conteúdo de fatores antinutricionais, fibra e proteína na dieta SOUFFRANT(2001).

A quantidade de ingestão diária de alimento afeta as perdas de proteína e aminoácidos endógenos no íleo terminal, assim como a composição química dos mesmos, devendo ser considerada quando os valores das perdas endógenas são comparados entre diferentes experimentos (STEIN et al., 1999). Os mesmos autores não observaram efeito do peso corporal sobre as perdas endógenas em animais com peso acima de 40 kg, concluindo que esta variável somente tem efeito na produção endógena de suínos jovens.

De acordo com TAMMINGA et al. (1995), a presença de fatores inibidores de tripsina no alimento pode induzir a hipersecreção pancreática por bloquear o mecanismo de controle por feedback que regula esta secreção. Além disso taninos são capazes de precipitar proteínas, prejudicando dessa forma a digestibilidade das mesmas, tanto pela precipitação das proteínas provenientes da dieta quanto das enzimas digestivas, comprometendo sua função.

Segundo SAUER et al. (1977), devido ao seu efeito mecânico, materiais pouco digestíveis comumente derivados da fibra, podem contribuir para o aumento das perdas endógenas de proteína. Além do efeito direto sobre a produção endógena, a fibra pode ainda exercer um efeito indireto, prejudicando a reabsorção de aminoácidos endógenos. A pectina, por sua natureza viscosa, parece ter um efeito adicional nesse aumento, pois, além de induzir a secreção endógena, provoca uma redução na reabsorção ileal de aminoácidos endógenos (de LANGE et al. 1989). No entanto, MOSENTHIN (1994) avaliando o efeito da pectina na digestibilidade de aminoácidos, com exceção da atividade total da α -amilase, não observou efeito significativo da mesma na secreção diária de suco pancreático, atividade e volume secretado de outras enzimas digestivas e conteúdo de nitrogênio. Neste sentido, o aumento da produção endógena devido a ação da pectina, ocorre provavelmente mais em função de um efeito mecânico desta fibra no lúmen intestinal do que a um efeito direto na secreção endógena.

Para DONKOH e MOUGHAN (1994) os coeficientes de digestibilidade verdadeira são menos afetados pelas condições experimentais que os coeficientes de digestibilidade aparente. A digestibilidade ileal verdadeira da proteína e aminoácidos parece ser independente da proteína da dieta, permitindo uma melhor comparação entre ingredientes alimentares (DONKOH e MOUGHAN, 1994; MOSENTHIN et al., 2000).

Para RIVEST et al. (2000), esta consideração só é verdadeira se for assumido que as enzimas proteolíticas secretadas no trato intestinal excedem os requerimentos para completa digestão protéica, que o tempo de passagem pelo trato intestinal não é limitante da hidrólise protéica e que a capacidade absorptiva da parede intestinal não limita o desaparecimento da proteína hidrolizada do lúmen intestinal. Os mesmos autores consideram que a excreção enzimática excessiva e a baixa hidrólise protéica observada no final do intestino delgado, indicando que a maior parte da digestão da proteína ocorre na porção inicial do mesmo, não seriam fatores limitantes da taxa de digestão. Portanto a digestibilidade ileal verdadeira é afetada somente quando a capacidade de absorção da parede de todo o intestino se torna saturada em um dado momento.

2.3. Dieta Isenta De Proteína (Dip)

A contribuição da secreção endógena para o fluxo de nutrientes para o íleo é convencionalmente determinada pelo fornecimento de uma dieta isenta de proteína ao animal. Este método é criticado por alterar o estado protéico do animal, alterando talvez a taxa de secreção protéica no lúmen intestinal (FULLER, 1991).

Uma importante desvantagem do uso de dietas isentas de proteína para medir o nitrogênio ou aminoácido endógeno na digesta ou fezes segundo SOUFFRANT (1991), é a dificuldade de se determinar as relações quantitativas e qualitativas entre a proteína alimentar e as perdas endógenas.

SAUER et al. (1977) utilizando dietas isentas de proteína, obtiveram coeficientes de digestibilidade verdadeira para glicina e prolina superiores a 100%, concluindo que tais dietas tenderiam a superestimar os valores de digestibilidade destes aminoácidos. Dessa forma, os coeficientes de digestibilidade para os demais aminoácidos poderiam também estar sendo superestimados.

No entanto, TAVERNER et al. (1981), atribuem os altos valores de glicina, prolina, ácido glutâmico, ácido aspártico, seguidos de serina e treonina, encontrados na digesta ileal endógena, ao fato destes aminoácidos ocorrerem mais abundantemente na mucina, secretada em grandes quantidades pelo epitélio do trato gastrointestinal e altamente resistente a ação de enzimas proteolíticas. Os autores consideram ainda, que os elevados valores de glicina e prolina seriam em decorrência da absorção dos mesmos ocorrer sob a forma de pequenos peptídeos e não como aminoácidos livres e ao considerável refluxo destes aminoácidos para o

lúmen intestinal na forma livre após terem sofrido hidrólise de peptidases no interior dos enterócitos. Sob a forma de aminoácidos livres, a glicina e a prolina não seriam reabsorvidas, permanecendo no lúmen do intestino, contribuindo para um aumento na concentração endógena destes aminoácidos.

Portanto os altos coeficientes de digestibilidade verdadeira obtidos para estes aminoácidos com a utilização de dietas isentas de proteína se dariam devido às suas particularidades e não invalidariam os resultados obtidos para os demais aminoácidos.

Suínos em balanço positivo de nitrogênio, provavelmente apresentarão menores perdas de nitrogênio endógeno, quando comparados a animais em balanço negativo de nitrogênio. Dessa forma, a recuperação de nitrogênio total no final do íleo em suínos recebendo dieta à base de caseína ou aminoácidos livres pode ser menor que a de animais recebendo dietas livres de proteína. (NYACHOTI et al. 1997). Deve-se ressaltar, no entanto, que o fato dos animais estarem em balanço negativo de nitrogênio parece ter poucos efeitos sobre as perdas endógenas de aminoácidos essenciais (de LANGE et al. 1989b).

BUTTS et al., (1993), examinando os efeitos do balanço corporal de nitrogênio e da presença de proteína e peptídeos dietéticos entre uma dieta isenta de proteína (DIP) e dietas à base de caseína enzimaticamente hidrolizada (EHC), zeína (ZN) ou aminoácidos sintéticos (AAS), não encontraram diferença estatística ($P < 0,05$) no fluxo de aminoácidos endógenos entre os animais que receberam a DIP e os animais que receberam a dieta AAS, com exceção da prolina, que foi significativamente maior para os animais da DIP. Já o fluxo de aminoácidos endógenos para os animais alimentados com a dieta EHC, foi estatisticamente maior ($P < 0,05$) que para os animais recebendo a dieta DIP, com exceção da arginina, prolina e glicina.

Os mesmos autores concluem que o balanço negativo de nitrogênio corporal relacionado com o fornecimento de dietas isentas de proteína não leva à diminuição das perdas endógenas pelo animal mas que existem evidências de que a proteína dietética ou os produtos de sua digestão tenham um efeito direto na excreção endógena de aminoácidos através do estímulo da secreção protéica pelo trato gastrointestinal ou pela inibição da digestão e absorção da proteína endógena pelo intestino.

De acordo com Rodwell (1985), citado por de LANGE (1989), alanina e especialmente glutamina, contribuem para mais de 50% do nitrogênio α -amínico liberado do tecido muscular. Segundo o autor, o tecido do trato intestinal mobiliza uma grande quantidade de glutamina, a qual pode ser metabolizada a glutamato mais amônia, citrulina e prolina. Animais alimentados com dietas livres de proteína irão mobilizar proteína corporal,

especialmente a proteína dos músculos para suprir a necessidade de aminoácidos para as funções metabólicas vitais. Dessa forma, o suprimento relativamente grande de glutamina para o intestino em suínos recebendo dietas isentas de proteína poderia resultar em elevadas taxas de produção de prolina, a qual, por sua vez, resultaria em um aumento na secreção endógena deste aminoácido (de LANGE et al. 1989).

De acordo com de LANGE, et al. (1989), para se estimar a proporção de aminoácidos endógenos na digesta ileal de suínos, o método de fornecimento de uma dieta isenta de proteína é normalmente preferido por ser mais fácil e barato e poder ser aplicado a cada aminoácido.

2.4. Disponibilidade

O conceito de digestibilidade, apesar de fornecer um valor próximo a real capacidade do animal em utilizar os nutrientes de um determinado alimento, não fornece informações a respeito de como esses nutrientes serão utilizados após ocorrida a absorção.

WILLIAMS (1995) destaca que os valores de digestibilidade ileal oferecem um rápido e conveniente método de melhorar a precisão da formulação de dietas. Porém, esse sistema está relacionado especificamente com o processo digestivo, não levando em consideração o suprimento de nutrientes para os tecidos. Portanto, apesar do método de digestibilidade ileal melhorar a acurácia da formulação de rações, ele não pode prever totalmente a quantidade de aminoácidos que chegam aos tecidos, e como os mesmos irão responder aos nutrientes absorvidos.

Para a obtenção de uma máxima taxa de deposição de proteína muscular em suínos, a disponibilidade de aminoácidos é um fator determinante, uma vez que expressa a utilização final dos aminoácidos envolvidos na formação e funcionamento dos tecidos vivos (LAPLACE, 1986). O conceito de disponibilidade é definido por LOW (1982) como a proporção do aminoácido da dieta que não se combina com compostos que interferem na sua digestão, absorção e metabolismo.

De acordo com LAPLACE (1986), a disponibilidade de aminoácidos pode ser estimada através de diversos métodos biológicos, incluindo ensaios de crescimento, experimentos de retenção, coeficientes de absorção, coeficientes de digestão e até mesmo ensaios *in vitro*.

O método mais utilizado se baseia em ensaios de crescimento que permitem que a habilidade da proteína dietética em suprir os aminoácidos limitantes seja estimada (LAPLACE, 1986; JIANG, 1997). No entanto esta técnica apresenta custo elevado e consome muito tempo. Dessa forma apenas poucos alimentos têm sido avaliados por este método, sendo ainda impossível a formulação de rações baseadas na disponibilidade dos aminoácidos (JIANG, 1997).

Além disso, a resposta de crescimento é influenciada por diversos fatores, como o conteúdo de proteína da dieta, o balanço aminoacídico, a fonte protéica e energética, a densidade energética da dieta e o nível de consumo, sendo que apenas um aminoácido pode ser avaliado por vez (LAPLACE, 1986).

Uma vez que este tipo de ensaio não é prático e aplicável para todos os aminoácidos, em todos os alimentos, a melhor alternativa seria a obtenção de uma estimativa da quantidade de aminoácidos transferidos do alimento para o sangue, ou seja, da digestibilidade destes aminoácidos (LAPLACE, 1986, MOSENTHIN et al., 2000).

CAPÍTULO 1

DIGESTIBILIDADE ILEAL APARENTE E VERDADEIRA DE AMINOÁCIDOS DO FARELO DE ARROZ INTEGRAL E LEVEDURAS DE CANA COM SUÍNOS EM CRESCIMENTO

RESUMO

Para avaliar a digestibilidade ileal aparente e verdadeira de aminoácidos em alimentos para suínos em fase de crescimento, foram utilizados seis machos castrados pesando inicialmente 40 kg, em média, fistulados cirurgicamente na porção terminal do íleo com uma cânula-T simples. Os animais foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado com três tratamentos - farelo de arroz integral (FAI), levedura de cana (LC32) com 32% de proteína bruta (PB) e levedura de cana (LC37) com 37% de PB, com quatro repetições realizadas em duas fases experimentais. O alimento a ser testado constituiu a única fonte de proteína da dieta.

A ração foi fornecida com base no peso metabólico dos animais. O fornecimento de água foi à vontade. A determinação dos aminoácidos endógenos foi feita através utilizando se uma dieta isenta de proteína. A composição aminoacídica e os coeficientes médios de digestibilidade aparente (81,28%) e verdadeira (82,80%) dos aminoácidos da LC37 foram superiores aos do FAI (74,99 e 78,81%) e da LC32 (73,00 e 74,87%), respectivamente. O aminoácido de maior digestibilidade foi a arginina para todos os alimentos avaliados, apresentando coeficientes de 86,59, 84,45 e 90,59% para o FAI, LC32 e LC37, respectivamente. O aminoácido de menor digestibilidade para o FAI foi a metionina (69,24%), enquanto a cistina (59,48%) e treonina (79,61%) apresentaram os menores coeficientes de digestibilidade entre os aminoácidos da LC32 e LC37, respectivamente.

Palavras-chaves: aminoácidos, digestibilidade ileal, suínos em crescimento, cânula-T, farelo de arroz, levedura de cana.

ABSTRACT

In order to determine the apparent and true ileal digestibilities of amino acids in feedstuffs used in formulation of growing swines diets six castrate males with initial average weight of 40 kg were fitted with a simple T-cannula in the distal ileum. The experiment was conducted in a randomized design with three treatments and four replications carried out in two experimental periods. The feed evaluated was the only protein source of diet. Rice bran (RB), a dry yeast (DY32) with 32% of crude protein (CP) and a dry yeast (DY37) with 37% of CP were the feedstuffs evaluated. Animals received the diets according to the metabolic weight. The water was given *ad libitum*. A protein free diet was used to determine the endogenous losses. The chemical composition and the mean apparent (81,28%) and true (82,80%) digestibility coefficients of amino acids of DY37 were higher than RB (74,99 and 78,81%) and than DY32 (73,00 e 74,87%) respectively. Arginine was the more digestible amino acid for rice bran (86,59%), DY32 (84,45%) and DY37 (90,59%). The less digestible amino acid was methionine (69,24%) for RB, and cystine (59,48%) and threonine (79,61%) for DY32 and DY37, respectively.

Key Words: amino acids, ileal digestibility, growing swine, T-cannula, rice bran, dry yeast.

1. INTRODUÇÃO

A produção agrícola brasileira está entre as maiores do mundo e nos últimos anos vem alcançando grande desenvolvimento tecnológico e conseqüentemente avanços na produtividade. Isto gera uma grande quantidade de resíduos, seja diretamente da agricultura ou do processamento que tais produtos sofrem antes de serem utilizados como alimento.

Um cereal amplamente utilizado na alimentação humana no Brasil é o arroz. O processamento deste cereal por parte das indústrias beneficiadoras, gera alguns subprodutos que podem ser utilizados na alimentação de suínos. Segundo COSTA (2001), cerca de 20% do total da produção do arroz é constituído de subprodutos (farelos e quireras). Modernos sistemas de produção já implantados em algumas regiões do Brasil utilizam derivados do arroz (estes podendo representar até 80% do volume total de ração consumido pelos animais nas diversas fases de produção) em substituição total do milho. O farelo de arroz, por sua vez, por apresentar um teor protéico mais elevado que o do milho, possibilita ainda uma redução na incorporação de farelo de soja às rações. Apesar disso, são poucos os trabalhos realizados no Brasil que fornecem informações sobre a digestibilidade verdadeira dessa proteína e dos aminoácidos que a compõem.

Outra cultura amplamente difundida no Brasil é a da cana de açúcar, utilizada principalmente na produção de açúcar e álcool. Entre os subprodutos da indústria do álcool, um em particular chama a atenção pelo seu valor protéico e nutricional, cuja aplicação como componente de ração animal tem o mais alto interesse - a levedura ou fermento. A biomassa de levedura pode ser um produto final, resultante de um processo específico otimizado para o máximo rendimento em massa celular, obtido em meio aeróbio, como na produção de fermentos (levedura de cultura) ou aquela em que o microorganismo não é o objetivo principal do processo, como na produção de álcool, mas sim o elemento primordial da transformação, em meio anaeróbio, que no final constituirá um subproduto (levedura de recuperação) (HORII, 1997). De acordo com o processo de produção, grau de aeração do meio

de cultura e qualidade da cana, as leveduras podem apresentar diferenças na qualidade, tanto em relação ao teor de nutrientes quanto ao valor nutricional dos mesmos (BUTOLO, 2001).

Segundo Kihlberg, 1972, citado por BERTO (1997), aproximadamente 20 a 30% do nitrogênio celular dos microorganismos não compõem os aminoácidos e encontra-se presente nas bases purínicas e pirimidínicas dos ácidos nucleicos, e em menor quantidade nos compostos como glucosaminas, galactosaminas, sendo o teor de proteína influenciado pela relação carbono/ nitrogênio do meio de cultura.

Quando a levedura produzida é seca logo após o primeiro processo de fermentação, é obtido um produto com teores de proteína mais baixos e maiores níveis de fibra. Entretanto quando produzida por sucessivos processos de fermentação e centrifugação, o teor de proteína se eleva, podendo atingir 50%. No entanto, no Brasil o máximo valor de proteína bruta obtido para a levedura de cana é de 42%. Apesar do elevado conteúdo protéico e de ser amplamente utilizada na alimentação animal, trabalhos avaliando o valor nutricional desta proteína com respeito à digestibilidade de seus aminoácidos são escassos na literatura.

Dessa forma, objetivou-se avaliar as digestibilidades ileal aparente e verdadeira do farelo de arroz integral e de duas leveduras de cana com diferentes teores de proteína bruta (32 e 37%) em suínos em crescimento através do uso de cânula-T simples.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Setor de Suinocultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, durante o período de junho a julho de 1999. No ensaio de digestibilidade foram utilizados um alimento energético, farelo de arroz integral e dois protéicos, levedura de cana com 32% de proteína bruta e levedura de cana com 37% de proteína bruta. Seis suínos machos castrados, mestiços (Landrace x Large White), pesando inicialmente 25 kg, foram submetidos a cirurgia para implantação de uma cânula-T, 15 a 20 centímetros anterior à válvula íleo-cecal, segundo metodologia descrita por EASTER & TANKSLEY JUNIOR (1973). A cirurgia foi realizada no centro Cirúrgico de Grandes Animais do Departamento de Veterinária da Universidade Federal de Viçosa. Os animais foram alojados em baias de creche suspensas de metal com piso de plástico.

Após a cirurgia, os animais passaram por um período de recuperação de 14 dias. Durante os três primeiros dias do período de recuperação, os animais foram tratados com antibióticos. Os animais receberam uma dieta à base de milho e de farelo de soja, durante toda a fase de recuperação, após a qual tiveram início os períodos de adaptação e coleta. Os animais foram submetidos a um período de cinco dias de adaptação à dieta experimental, seguido de 24 horas de coleta do conteúdo ileal.

A quantidade de ração fornecida diariamente a cada animal foi calculada com base na matéria seca e no tamanho metabólico ($Kg^{0,75}$), considerando o consumo voluntário previamente observado nos três primeiros dias do período de adaptação. O volume diário de ração fornecido a cada animal foi dividido igualmente para dois arraçoamentos, com intervalos de 12 horas (7 h e 19 h) durante o experimento. Todas as rações foram umedecidas com água antes do fornecimento aos animais, para facilitar a ingestão e reduzir o desperdício. Os suínos receberam água à vontade. A coleta foi realizada por meio de um saco plástico para coleta adaptado à cânula-T de forma a receber o conteúdo ileal desviado através da mesma. A digesta foi coletada por um período de 24 horas em intervalos de três em três horas ou assim que os sacos de coleta estivessem cheios. O período de coleta se estendeu do arraçoamento das 7 horas da manhã do sexto dia de fornecimento da dieta experimental até o arraçoamento das 7 horas da manhã do dia seguinte, totalizando um número de oito coletas. Durante o período de coleta as amostras de cada tratamento foram colocadas em um mesmo saco

plástico e armazenadas à temperatura de 5° C. Ao término da última coleta, as amostras foram congeladas para posterior análise.

As rações experimentais foram formuladas para conterem 8% de proteína bruta (PB) para os alimentos energéticos e 13% de PB para os alimentos protéicos. O alimento a ser avaliado constituiu a única fonte de proteína da dieta experimental. O teor mínimo de fibra bruta (FB) para todas as rações foi de 2,00%. Os valores de energia bruta (EB) não foram fixados. Foram adicionados à ração, açúcar, amido de milho, sal iodado, anti-oxidante (BHT), fosfato bicálcico, calcário calcítico, premix mineral, premix vitamínico, procurando atender às exigências de minerais e vitaminas recomendadas por ROSTAGNO (1994). Em todas as rações experimentais foi adicionado 0,50% de óxido crômico, como indicador na determinação da digestibilidade. A excreção endógena de proteína e aminoácidos foi determinada através de uma dieta isenta de proteína (DIP).

A composição aminoacídica dos alimentos e a composição centesimal das dietas experimentais encontram-se nas tabelas 1 e 2 respectivamente.

As amostras foram avaliadas quanto ao teor de matéria seca, proteína bruta, e óxido crômico nas rações e nas digestas através de análises realizadas no Laboratório de Nutrição Animal, do Departamento de Zootecnia, da Universidade Federal de Viçosa, de acordo com os métodos descritos por SILVA (1990).

Tabela 1 – Composição percentual média dos alimentos analisados¹

Aminoácidos ²	Alimentos		
	Farelo de Arroz Integral	Levedura de Cana 32	Levedura de Cana 37
Matéria Seca ³	89,76	90,20	90,71
Proteína bruta	13,75	32,31	37,25
Lisina	0,679	2,274	2,881
Treonina	0,489	1,865	2,267
Metionina	0,244	0,480	0,594
Cistina	0,275	0,236	0,266
Met+Cis	0,520	0,716	0,860
Alanina	0,807	2,014	2,693

Arginina	1,176	1,327	1,612
Ácido aspártico	1,152	3,086	4,050
Ácido glutâmico	1,844	3,278	4,020
Glicina	0,870	1,285	1,588
Histidina	0,623	0,627	0,786
Isoleucina	0,456	1,569	1,959
Leucina	0,926	2,231	2,804
Fenilalanina	0,604	1,338	1,641
Serina	0,606	1,771	2,238
Tirosina	0,392	0,764	0,997
Valina	0,697	1,800	2,252

¹ Valores expressos na matéria natural.

² Análises realizadas pela Ajinomoto Animal Nutrition.

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

Para a determinação da composição aminoacídica das digestas, foi feita a junção das amostras de duas repetições de cada alimento em um único pool de aminoácidos. A quantidade de cada amostra utilizada no pool de aminoácidos foi proporcional à quantidade de digesta coletada em cada repetição. A avaliação dos pools quanto à composição aminoacídica, foi realizada pela Ajinomoto Animal Nutrition.

Tabela 2 – Composição centesimal das dietas experimentais ¹

Ingrediente	Dietas			
	T1	T2	T3	DIP
Farelo de arroz	65,47	-	-	-
Levedura de Cana	-	39,26	-	-
Levedura de Cana Seca	-	-	32,56	-
Açúcar	10,00	10,00	10,00	10,00
Amido	20,82	42,30	48,68	79,68
Casca de arroz	-	4,79	4,87	5,24
Calcário	1,62	-	-	0,00
Fosfato bicálcico	-	1,56	1,80	2,97
Suplemento mineral ²	0,10	0,10	0,10	0,10
Suplemento vitamínico ³	0,10	0,10	0,10	0,05

Sal	0,35	0,35	0,35	0,35
Óleo vegetal	1,00	1,00	1,00	1,00
BHT	0,01	0,01	0,01	0,01
Óxido crômico	0,50	0,50	0,50	0,50
TOTAL	100,00	100,00	100,00	100,00

Composição calculada⁴

Matéria seca (%)	89,69	90,41	90,58	85,34
Proteína bruta (%)	8,00	13,00	13,00	0,48
Energia digestível (kcal/kg)	3072	3273	3395	3445
Fibra bruta (%)	8,49	2,00	2,00	2,00
Cálcio (%)	0,673	0,671	0,673	0,50
Fósforo total (%)	1,041	0,512	0,512	0,20

¹ Valores expressos na matéria natural.

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

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 1,5g; Vitamina B₂ 3,0g; Vitamina B₆ 1,5g; ácido pantotênico 12,0g; Vitamina C 30,0g, Vitamina K₃ 12,5g, ácido nicotínico 22,0g, antioxidante 20,0g e Vitamina B₁₂ 2,0 mg.

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

A concentração de triptofano das amostras não foi avaliada e conseqüentemente os coeficientes de digestibilidade para este aminoácido não foram determinados.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com quatro repetições, realizadas em duas fases. Na primeira fase foram feitas duas repetições para cada alimento testado utilizando-se seis animais. Após o término da primeira fase procedeu-se um intervalo de três dias, onde os animais voltaram a receber a dieta a base de milho e farelo de soja. Os animais foram redistribuídos de modo a não receber o mesmo tratamento da fase anterior, dando início à segunda fase de coleta com mais duas repetições por alimento. Cada animal constituiu uma unidade experimental.

Os coeficientes de digestibilidades aparente e verdadeira da proteína e aminoácidos foram calculados com base nos níveis de cromo (Cr), nas rações e digesta, por meio do cálculo do fator de indigestibilidade (FI), a partir das seguintes fórmulas :

1 - Matéria seca digestível (MSD)

MSD (%) = 100 – (FI1 x 100) em que :

FI1 = fator de indigestibilidade

$$FI1 = \frac{\text{Cr2O3 dieta}}{\text{Cr2O3 digesta}}$$

2 – Coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta (Cdap PB)

$$Cdap PB (\%) = \frac{PB \text{ dieta} - (PB \text{ digesta} \times FI1)}{PB \text{ dieta}} \times 100$$

3 – Coeficiente de digestibilidade verdadeira da proteína bruta (CDv PB)

$$CDv PB (\%) = \frac{PB \text{ dieta} - (PB \text{ digesta} \times FI1 - PBe \times FI2)}{PB \text{ dieta}} \times 100$$

em que : PBe = PB endógena excretada na digesta

FI2 = fator de indigestibilidade da dieta isenta de proteína.

$$FI2 = \frac{\text{Cr2O3 dieta (DIP)}}{\text{Cr2O3 digesta(DIP)}}$$

4 – Coeficiente de digestibilidade aparente de aminoácidos (Cdap AA) – (ROSTAGNO e FEATHERSTON, 1977)

$$Cdap AA (\%) = \frac{\text{mg AA/g dieta} - \text{mg AA/g E1} \times FI1}{\text{mg AA/g dieta}} \times 100$$

em que: E1 = digesta da dieta teste

5 – Coeficiente de digestibilidade verdadeira de aminoácidos (CDv) - (ROSTAGNO e FEATHERSTON, 1977)

$$CDv AA (\%) = \frac{\text{mg AA/g dieta} - (\text{mg AA/g E1} \times FI1 - \text{mg AA/g E2} \times FI2)}{\text{mg AA/g dieta}} \times 100$$

em que: E2 = digesta da dieta isenta de proteína

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Digestibilidade Ileal Aparente

Os coeficientes de digestibilidade aparente da proteína e dos aminoácidos essenciais e não-essenciais do farelo de arroz integral, e das leveduras de cana encontram-se na Tabela 3.

Através dos dados avaliados, observa-se que o farelo de arroz além de apresentar baixos teores de aminoácidos, apresenta também baixos coeficientes de digestibilidade aparente em relação às leveduras. As leveduras por sua vez apresentaram diferenças entre si quanto ao aporte aminoacídico e aos coeficientes de digestibilidade aparente de acordo com o método empregado na sua produção.

Dentre os alimentos avaliados, a levedura cana com 37% de proteína (LC37), foi o que apresentou maior coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta (PB) (81,50%), enquanto o farelo de arroz integral (FAI) e a LC32 apresentaram valores de digestibilidade de 71,50 e 73,60%, respectivamente. Comparando os coeficientes de digestibilidade aparente da PB obtidos neste experimento com os da levedura de cerveja (LC) propostos por EUROLYSINE (1995) de 65,40%, observa-se a maior digestibilidade dos aminoácidos das leveduras de cana, apesar do maior aporte protéico (49,10%) da LC.

O coeficiente de digestibilidade aparente da PB obtido para o FAI foi superior aos apresentados pelo NRC (1998) e RHÔNE POULENC (1993) que corresponderam a 67,0 e 60,0%, respectivamente.

Tabela 3 – Coeficientes de digestibilidade ileal aparente da proteína bruta (Cdap PB) e de aminoácidos (Cdap AA) dos alimentos, utilizando cânula T simples, com suínos 1

Aminoácidos	Alimentos		
	Farelo de arroz Integral	Levedura de cana 32	Levedura de cana 37
CdapPB (%)	71,50	73,60	81,50
Lisina	66,97	77,16	83,35
Treonina	71,67	70,41	78,16
Metionina	66,70	76,69	84,06
Arginina	85,27	83,28	89,62
Histidina	85,03	74,76	84,03
Isoleucina	72,41	74,27	81,63
Leucina	75,52	76,55	82,85
Fenilalanina	73,32	75,90	83,30
Valina	74,38	70,99	78,53
MÉDIA (AAE)	74,59	75,55	82,84
Cistina	69,64	55,28	67,41

Alanina	74,03	69,72	78,81
Ácido aspártico	72,23	76,54	86,12
Ácido glutâmico	80,93	76,77	82,67
Glicina	74,92	67,97	76,64
Serina	75,95	72,07	80,77
Tirosina	80,12	77,34	85,69
MÉDIA (AANE)	75,40	70,81	79,73

¹Valores expressos em porcentagem.

Os maiores coeficientes médios de digestibilidade ileal aparente entre os aminoácidos essenciais foram os da LC37 (82,84%), seguidos pelos LC32 (75,20%) e FAI (74,59%). Os coeficientes de digestibilidade ileal aparente (CDap) dos demais aminoácidos essenciais da LC37 também foram superiores aos da LC32.

O aminoácido de menor digestibilidade aparente do FAI foi a metionina (66,70%), similar à lisina (66,97%). Estes valores são inferiores aos do NRC (1998) e RHÔNE-POULENC ANIMAL NUTRITION (1993), de 74,0% e 71,0% para metionina, respectivamente e inferiores ao NRC (1998), de 72,0% e semelhantes aos da RHÔNE-POULENC ANIMAL NUTRITION (1993), de 68,0% para lisina. O baixo valor de digestibilidade aparente da metionina no FAI pode ser em decorrência da pequena quantidade deste aminoácido encontrada neste alimento (0,24%). De acordo com MOSENTHIN (2000), quanto menor a concentração de um aminoácido na dieta, maior será a influência negativa da produção endógena deste aminoácido sobre o CDap do mesmo.

No entanto, apesar das percentagens de metionina nas LC32 (0,48%) e LC37 (0,59%) também serem relativamente baixas, os CDap da metionina para estes alimentos foram de 76,69% e 84,06%, superiores à digestibilidade da levedura de cerveja segundo o NRC (1998) e EUROLYSINE (1995) de 72,0 e 67,30%, respectivamente. As LC32 e LC37 apresentaram elevadas quantidades de lisina (2,274% e 2,881%) com coeficientes de digestibilidade de 77,16% e 83,35%, respectivamente. A digestibilidade da lisina da levedura de cerveja (76,0%) proposta pelo NRC foi semelhante a obtida neste trabalho para a LC32.

Para as LC32 e LC37, o menor CDap foi o da treonina 67,23 e 78,16%, respectivamente, superiores aos do NRC (1998) de 63,0% para a levedura de cerveja. A baixa digestibilidade aparente da treonina pode ser atribuída à sua elevada concentração na fração endógena de aminoácidos, principalmente sob a forma de mucina (SOUFFRANT, 1991;

FULLER, 1994). A digestibilidade aparente da treonina calculada para o FAI neste experimento foi de 71,67%, superando o valor de 61,0% estimado pelo NRC (1998) e RHÔNE-POULENC ANIMAL NUTRITION (1993).

A arginina foi o aminoácido de maior digestibilidade aparente para os três alimentos testados, sendo de 85,27, 83,28 e 89,62% para o FAI, LC32 e LC37, respectivamente. A arginina também foi o aminoácido de maior digestibilidade aparente da levedura de cerveja (79,0%), de acordo com o NRC (1998), inferior no entanto ao das leveduras avaliadas neste experimento. O CDap da arginina para o FAI (85,27%) foi semelhante ao do NRC (1998), de 85,0% e superior aos da RHÔNE-POULENC ANIMAL NUTRITION (1993), de 82,0%.

Os aminoácidos de cadeia ramificada valina, leucina e isoleucina do FAI apresentaram coeficientes de digestibilidade aparente de 74,38, 75,52 e 72,41%, superiores aos do NRC(1998), de 66,0, 65,0 e 64,0% e aos da RHÔNE-POULENC ANIMAL NUTRITION (1993), de 63,0, 65,0 e 62,0%, respectivamente. As digestibilidades aparentes da histidina e da fenilalanina do FAI de 85,03 e 73,32% também superaram as fornecidas pelo NRC (1998) e RHÔNE-POULENC ANIMAL NUTRITION (1993), de 78,0 e 80,0% para histidina e 68,0% e 64,0% para fenilalanina, respectivamente.

O CDap da histidina encontrado para a LC32 (74,76%) foi inferior ao do NRC (1998) de 77,0% e semelhante ao da EUROLYSINE (1995) de 74,80% para a levedura de cerveja. A digestibilidade da histidina (84,03%) da LC37 foi superior à das demais leveduras aqui discutidas. Os aminoácidos valina e isoleucina da LC32 apresentaram coeficientes de digestibilidade (70,99 e 74,27%) próximos aos do NRC (1998) de 70,0 e 74,0% e superiores aos da EUROLYSINE (1995) de 63,20 e 70,0 para a levedura de cerveja, respectivamente. O CDap da leucina (76,55%) para a LC32 superou os valores de 73,0 e 70,20% do NRC (1998) e EUROLYSINE (1995), respectivamente. Os CDaps dos aminoácidos valina (78,53%), leucina (82,85%) e isoleucina (81,63%) da LC37, foram superiores aos da levedura de cerveja acima mencionada.

Os Cdaps da fenilalanina da LC32 e LC37 (75,90 e 83,30%) foram superiores aos do NRC (1998) e EUROLYSINE (1995) de 72,0 e 62,80%, respectivamente para a levedura de cerveja.

Dentre os aminoácidos não essenciais, a maior média dos coeficientes de digestibilidade aparente foi da LC37 (79,73%), seguida pela LC32 (70,81%) e FAI (75,40%).

Para o FAI, o maior coeficiente de digestibilidade aparente foi do ácido glutâmico (80,93%), seguido pela tirosina (80,12%). Os valores de digestibilidade aparente da tirosina fornecidos pelo NRC (1998) e RHÔNE-POULENC ANIMAL NUTRITION (1993), de 77,0 e

68,0%, respectivamente foram inferiores aos encontrados no presente trabalho. Já a cistina e o ácido aspártico foram os aminoácidos de menor digestibilidade aparente do FAI, correspondente a 69,64 e 72,23%, respectivamente. O valor de digestibilidade da cistina foi superior ao NRC (1998) de 66,0%. A cistina, depois da metionina, foi o aminoácido de menor concentração no farelo de arroz integral (0,27%).

A cistina também foi o aminoácido de menor digestibilidade aparente das LC32 e LC37, com valores de 55,28 e 67,41%, respectivamente, provavelmente por ser o aminoácido de menor concentração nestes alimentos e portanto sofrer maiores influências da produção endógena de cistina. Na levedura de cerveja, os menores valores de digestibilidade deste aminoácido em relação aos demais também foi reportado pelo NRC (1998) e EUROLYSINE (1995) de 38,0 e 38,4%, respectivamente. Glicina e alanina, nesta ordem, foram o segundo e o terceiro aminoácidos de menores coeficientes de digestibilidade aparente, com valores de 67,97 e 69,72%, respectivamente para a LC32 e de 76,64% (glicina) e 78,81% (alanina) para a LC37.

O coeficiente de digestibilidade aparente da alanina do FAI foi de 74,03%. Glicina e serina apresentaram coeficientes de digestibilidade aparente de 74,92 e 75,95%, superiores aos propostos pela RHONE-POULENC ANIMAL NUTRITION (1993), de 62,0 e 65,0%, respectivamente.

O ácido aspártico e o ácido glutâmico foram os aminoácidos que ocorreram em maior concentração nas LC32 (3,09 e 3,28%) e LC37 (4,05 e 4,02%), respectivamente. Também foram os aminoácidos que apresentaram os maiores coeficientes de digestibilidade aparente para estes alimentos. O ácidos glutâmico e aspártico foram o segundo e terceiro aminoácidos não essenciais mais digestíveis da LC32, com coeficientes de digestibilidade aparente de 76,77 e 76,54%, respectivamente, sendo superados apenas pela tirosina (77,34%). Para a LC37, o ácido aspártico foi o aminoácido de maior coeficiente de digestibilidade aparente (86,12%), seguido pela tirosina (85,69%) e ácido glutâmico (82,67%).

A serina apresentou uma digestibilidade de 72,07% para a LC32 e de 80,77% para a LC37.

Digestibilidade ileal verdadeira

Os coeficientes de digestibilidade verdadeira da proteína e dos aminoácidos essenciais e não-essenciais do farelo de arroz, e das leveduras de cana, calculados através de

correção pelos valores de excreção endógena obtidos com a dieta isenta de proteína (Tabela 4), encontram-se na Tabela 5.

Dentre os alimentos avaliados, a LC37 foi o que apresentou maior coeficiente de digestibilidade verdadeira da proteína bruta, que correspondeu a 82,98%, enquanto o FAI e a LC32 apresentaram valores de digestibilidade de 75,75 e 75,50%, respectivamente.

O coeficiente de digestibilidade verdadeira da proteína bruta obtido para o farelo de arroz foi superior aos apresentados pelo NRC (1998) RHÔNE POULENC (1993) que corresponderam a 70,0 e 66,0%, respectivamente. Também foram superiores os CDvs das leveduras de cana, comparados ao da levedura de cerveja (69,10%) proposto por EUROLYSINE (1995).

A média dos coeficientes de digestibilidade verdadeira dos aminoácidos essenciais foram de 76,25, 77,67 e 83,74% para LC32, FAI e LC37, respectivamente. As diferenças entre as médias dos coeficientes de digestibilidade verdadeira e aparente dos aminoácidos essenciais foi maior para o FAI (3,70%) do que para as LC32 e LC37 (1,19 e 1,48%, respectivamente). As menores diferenças entre os valores de digestibilidade verdadeira e aparente dos aminoácidos das leveduras em relação ao FAI, confirmam a menor influência dos aminoácidos endógenos sobre a digestibilidade ileal em alimentos com níveis de proteína mais elevados.

A treonina foi o aminoácido que apresentou a maior diferença (6,72%) entre os valores de digestibilidade verdadeira (78,39%) e aparente (71,67%) para o FAI. Essa diferença é corroborada pelo NRC (1998) de 10,0% e RHÔNE-POULENC ANIMAL NUTRITION (1993) de 6,0%. No entanto, a mesma diferença não foi observada para a LC32 (1,47%) e para a LC37 (1,45%) que apresentaram coeficientes de digestibilidade verdadeira da treonina de 72,17 e 79,61%, respectivamente.

Estes resultados mostram que as maiores diferenças entre os valores de digestibilidade verdadeira e aparente da treonina, talvez possam ser atribuídas a uma baixa concentração do aminoácido nas dietas experimentais, além da sua alta concentração na proteína endógena, e que provavelmente os dois fatores contribuam para esta diferença. O coeficiente de digestibilidade verdadeira da treonina encontrado para o FAI (78,39%) foi superior ao do NRC (1998) de 71,0% e RHÔNE-POULENC ANIMAL NUTRITION (1993) de 67,0% e inferior ao do milho de 82,10% (EUROLYSINE, 1995).

O CDv da treonina da levedura de cerveja de 66,0% observado pelo NRC (1998) e o do farelo de soja (87,10%), proposto por EUROLYSINE (1995), foram, respectivamente, inferiores e superiores aos das leveduras de cana avaliadas neste experimento.

Tabela 4– Valores médios de aminoácidos endógenos ileais, determinados utilizando uma dieta isenta de proteína (DIP), pela técnica T simples, com suínos.

Aminoácidos ¹	mg/kg DIP consumida
Matéria seca ²	94,80
Lisina	281
Treonina	292
Metionina	057
Arginina	170
Histidina	081
Isoleucina	193
Leucina	320
Fenilalanina	198
Valina	313
Cistina	109
Alanina	383
Ácido aspártico	435
Ácido glutâmico	519
Glicina	421
Serina	222
Tirosina	092

¹ Análises realizadas pela Ajinomoto Animal Nutrition.

² Valor expresso em porcentagem.

Os maiores coeficientes de digestibilidade ileal verdadeira entre os aminoácidos essenciais para o FAI, LC32 e LC37 foi da arginina, de 86,59%, 84,45% e 90,59%, respectivamente. A digestibilidade da arginina do FAI foi intermediária àquelas referendadas pelo NRC (1998) de 89,0% e RHÔNE-POULENC ANIMAL NUTRITION (1993) de 85,0%, e inferior às do NRC (1998) e EUROLYSINE, (1995) para o milho (89,0 e 90,8%, respectivamente). As digestibilidades observadas para as leveduras de cana foram superiores à

da levedura de cerveja (77,90%) e inferiores à do farelo de soja (94,90%), de acordo com EUROLYSINE (1995).

Tabela 5 – Coeficientes de digestibilidade ileal verdadeira de aminoácidos (CDvAA) de alimentos, utilizando cânula T simples, com suínos ¹

Aminoácidos	Alimentos		
	Farelo de arroz integral	Levedura de cana 32	Levedura de cana 37
CDv PB (%)	75,75	75,50	82,98
Lisina	71,46	78,50	84,41
Treonina	78,39	72,17	79,61
Metionina	69,24	77,98	85,10
Arginina	86,59	84,45	90,59
Histidina	86,39	76,10	85,10
Isoleucina	77,30	75,69	82,77
Leucina	79,11	78,04	84,03
Fenilalanina	76,69	77,42	84,54
Valina	79,44	72,95	80,10
MÉDIA (AAE)	78,29	76,68	84,03
Cistina	73,24	59,48	71,14
Alanina	78,68	71,58	80,20
Ácido aspártico	76,15	78,00	87,24
Ácido glutâmico	83,63	78,29	83,91
Glicina	80,68	71,87	79,79
Serina	79,71	73,35	81,79
Tirosina	83,21	78,92	86,90
MÉDIA (AANE)	79,33	73,07	81,57

¹ Valores expressos em porcentagem.

A histidina foi o segundo aminoácido de maior digestibilidade para o FAI (86,39%), em concordância com o NRC (1998) de 87,0%, mas superior à RHÔNE-POULENC ANIMAL NUTRITION (1993) de 82,0% e inferior ao milho de 88,10%, de acordo com EUROLYSINE (1995). Também foi o segundo aminoácido de maior digestibilidade para a

LC37, onde se igualou à metionina, com um coeficiente de digestibilidade verdadeira de 85,10%. A LC32 apresentou um coeficiente de digestibilidade da histidina de 74,76% e da metionina de 77,98% diferentes dos relatados pela EUROLYSINE (1995) de 76,70 e 70,80%, para a levedura de cerveja e de 91,50 e 93,30%, para o farelo de soja, respectivamente. A digestibilidade da metionina para o FAI foi de 69,24%, inferior ao do NRC (1998), de 77,0% e ao da RHÔNE-POULENC ANIMAL NUTRITION (1993), de 75,0%, ficando abaixo também do valor proposto pela EUROLYSINE (1995), de 92,60% para o milho.

Para o FAI, os CDVs da fenilalanina (76,69%) e dos aminoácidos de cadeia ramificada valina (79,44%), leucina (79,11%) e isoleucina (77,30%), foram todos superiores aos do NRC (1998) de 73,0, 69,0, 70,0 e 69,0% e aos da RHÔNE-POULENC ANIMAL NUTRITION (1993), de 68,0, 67,0, 69,0 e 67,0%, respectivamente, porém inferiores aos do milho de 92,0, 86,10, 92,20 e 88,10%, respectivamente (EUROLYSINE, 1995).

A lisina foi o segundo aminoácido de menor digestibilidade verdadeira para o FAI com um coeficiente de 71,46%, corroborando com RHÔNE-POULENC ANIMAL NUTRITION (1993), de 72,0%, mas ficando abaixo do NRC (1998) de 78,0% e abaixo do milho de 81,10% (EUROLYSINE, 1995).

Os CDVs da lisina, valina, leucina, isoleucina e fenilalanina encontrados para a LC32 (78,50, 72,95, 78,04, 75,69, e 77,42%) e LC37 (84,41, 80,10, 84,03, 82,77 e 84,54%) foram superiores aos da levedura de cerveja (74,40, 66,10, 72,90, 72,40 e 66,90%) e inferiores aos do farelo de soja (90,90, 88,60, 90,0, 90,70 e 91,80%), respectivamente de acordo com EUROLYSINE (1995).

Dentre os aminoácidos não essenciais, os que apresentaram os maiores coeficientes de digestibilidade verdadeira foram ácido glutâmico, tirosina e glicina com 83,63, 83,21 e 80,68%, para o farelo de arroz, tirosina, ácido glutâmico e ácido aspártico com 78,92, 78,29 e 78,00%, para a LC32 e ácido aspártico, tirosina e ácido glutâmico para a LC37 com 87,24, 86,90 e 83,91% de digestibilidade, respectivamente. Os valor do farelo de arroz para tirosina supera o do NRC (1998) de 81,0% e também os de RHÔNE-POULENC ANIMAL NUTRITION (1993), de 73,0 e 66,0% para tirosina e glicina, respectivamente. Tais valores, no entanto, ficaram abaixo dos propostos para o milho, de 88,80% (tirosina) e 88,40% (cistina), de acordo com EUROLYSINE (1995). Os aminoácidos não essenciais mais digestíveis das leveduras foram os mesmos, só mudando a ordem de grandeza e os coeficientes de digestibilidade.

As maiores diferenças entre os coeficientes de digestibilidade verdadeira e aparente das LC32 e LC37 ocorreram para os aminoácidos glicina (3,90 e 3,15%) e cistina (4,20 e

3,73%), que apresentaram coeficientes de digestibilidade verdadeira de 71,87 e 59,48% e de 79,79 e 71,14%, respectivamente. Os elevados níveis de produção endógena de glicina e cistina são bem relatados na literatura (FULLER, 1991; FAN et al., 1995). A diferença observada para a cistina pode ser atribuída ainda a uma baixa concentração deste aminoácido nas dietas experimentais, e sua possível interferência sobre os valores de digestibilidade aparente como já mencionado anteriormente.

O coeficiente de digestibilidade verdadeira da cistina do farelo de arroz foi o menor entre os aminoácidos não essenciais deste alimento, com valor correspondente a 73,24% e maior que os valores do NRC (1998) e RHÔNE-POULENC ANIMAL NUTRITION (1993), correspondentes a 68,0 e 65,0%, respectivamente. O valor para serina (79,71%) também foi superior ao de RHÔNE-POULENC ANIMAL NUTRITION (1993) de 69,0%. A alanina e o ácido aspártico apresentaram digestibilidades de 78,68 e 76,15%, respectivamente.

Os valores de digestibilidade dos aminoácidos no farelo de arroz integral inferiores aos do milho podem ser atribuídos ao elevado teor de fibra encontrado no farelo de arroz e à natureza solúvel desta fibra, causando um aumento na viscosidade do lúmen intestinal e uma consequente queda na digestibilidade (IKEGEMI et al., 1990; LI et al., 1994).

O conteúdo de aminoácidos digestíveis verdadeiros do farelo de arroz integral e das leveduras de cana são apresentados na tabela 6.

Tabela 6 – Conteúdo de aminoácidos digestíveis verdadeiros de alimentos, utilizando cânula T simples, com suínos¹

Aminoácido	Alimento		
	Farelo Arroz Integral	Levedura de Cana 32	Levedura de Cana 37
Lisina	0,49	1,79	2,43
Treonina	0,38	1,29	1,80
Metionina	0,17	0,37	0,51
Arginina	1,02	1,12	1,46
Histidina	0,54	0,48	0,67
Isoleucina	0,35	1,19	1,62
Leucina	0,73	1,74	2,36
Fenilalanina	0,46	1,04	1,39
Valina	0,55	1,31	1,80
Cistina	0,20	0,14	0,19
Alanina	0,63	1,20	1,92
Ácido aspártico	0,88	2,21	3,25
Ácido glutâmico	1,54	2,56	3,51
Glicina	0,70	1,01	1,33
Serina	0,48	1,27	1,79
Tirosina	0,33	0,56	0,82

¹ Valores expressos na matéria natural (g /100g de alimento).

CONCLUSÕES

Com base nos dados do experimento, conclui-se que:

Os coeficientes de digestibilidade verdadeira dos aminoácidos do farelo de arroz integral, apesar de inferiores aos do milho, não inviabilizam o fornecimento do mesmo em dietas para suínos em crescimento. Além disso, a possibilidade de fornecimento de enzimas à dietas que utilizam farelo de arroz e seus efeitos sobre a digestibilidade de aminoácidos devem ser avaliados.

As leveduras de cana processadas de maneiras distintas, além de apresentarem diferenças no aporte aminoacídico, podem apresentar ainda, diferenças entre os coeficientes de digestibilidade de seus aminoácidos.

Apesar dos menores coeficientes de digestibilidade dos aminoácidos das leveduras em relação ao farelo de soja, talvez o principal fator de restrição quanto a inclusão de elevados teores da mesma em dieta para suínos, seja os elevados níveis de bases purínicas e pirimidínicas dos ácidos nucléicos encontrados neste alimento.

CAPÍTULO 2

DIGESTIBILIDADE ILEAL APARENTE E VERDADEIRA DE AMINOÁCIDOS DE FARINHAS DE VÍSCERAS DE AVES, DE SUÍNOS E MISTA E DE FARINHA DE PENAS COM SUÍNOS EM CRESCIMENTO

RESUMO

A avaliação da digestibilidade ileal aparente e verdadeira de aminoácidos em resíduos de abatedouros para suínos na fase de crescimento foi realizada em delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos – farinha de vísceras de aves (FVA), farinha de vísceras de suínos (FVS), farinha de vísceras mista (FVM) e farinha de penas (FP) - e quatro repetições em duas fases experimentais. Nos ensaios de digestibilidade foram utilizados oito machos castrados pesando inicialmente 40 kg, em média, fistulados cirurgicamente na porção terminal do íleo com uma cânula-T simples. O alimento a ser testado constituiu a única fonte de proteína da dieta. A ração foi fornecida com base no peso metabólico dos animais. O fornecimento de água foi à vontade. A determinação dos aminoácidos endógenos foi feita através da utilização de uma dieta isenta de proteína. O maior coeficiente médio de digestibilidade verdadeira dos aminoácidos entre os alimentos avaliados foi da

farinha de vísceras de aves (84,68%). A arginina foi o aminoácido que apresentou o maior coeficiente de digestibilidade verdadeira para todos os alimentos testados, correspondendo a 85,97, 82,51, 83,10 e 87,34% para FVA, FVS, FVM e FP, respectivamente. Os coeficientes de digestibilidade da cistina foram os mais baixos entre os aminoácidos da FVA (80,18) e FVM (75,99). Para a FVS e FP, a lisina foi o aminoácido de menor digestibilidade, com coeficientes de 76,03 e 72,55%, respectivamente.

Palavras-chaves: aminoácidos, digestibilidade ileal, suínos em crescimento, cânula-T, farinha de vísceras, farinha de penas.

ABSTRACT

The measurement of the apparent and true ileal digestibilities of amino acids in abattoir by-products for growing swine were conducted in a randomized design with four treatments – poultry by-products meal (PBP), swine by-products (SBP), a mixture of poultry and swine by-products (MBP) and feather meal (FM) - and four replications carried out in two experimental periods. Eight castrate males with initial average weight of 40 kg were fitted with a simple T-cannula in the distal ileum. The feed evaluated was the only protein source of diet. Animals received the diets according to the metabolic weight. The water was given *ad libitum*. A protein free diet was used to determine the endogenous losses. The mean true digestibility coefficient of amino acids of PBP (84,68%) was higher than the other diets tested. Arginine was the highest digestible amino acid in all tested diets. The true digestibility coefficients of arginine were 85,97, 82,51, 83,10 e 87,34% in PBP, SBP, MBP and FM, respectively. Digestibility coefficients of cistine were the lowest for PBP (80,18%) and MBP (75,99%) while lysine was the less digestible amino acid in SBP (76,03%) and FM (72,55%).

**Key Words: amino acids, ileal digestibility, growing swine, T -
cannula, poultry and swine by-products, feather meal.**

1. INTRODUÇÃO

O crescimento da avicultura, e da suinocultura, teve como consequência o aumento na produção de resíduos como restos de carne, ossos, vísceras e penas, provenientes das carcaças dos animais abatidos, que, após processados, poderão compor as farinhas de carne e ossos, vísceras e penas respectivamente.

Os resíduos de abatedouros possuem, em geral, elevados níveis de proteína. Ao mesmo tempo são potenciais poluidores do ambiente. Portanto sua utilização na alimentação animal apresenta dupla vantagem: a redução nos custos com alimentação e diminuição do potencial poluente de tais subprodutos.

A maior limitação do aproveitamento dos resíduos de abatedouros na alimentação animal é a grande variabilidade na composição química destes produtos. Tal variação ocorre principalmente devido à falta de padronização dos componentes utilizados na fabricação das farinhas e ao processamento realizado de forma inadequada. Da mesma forma que a composição química, os valores de digestibilidade protéica e de aminoácidos dos produtos de origem animal também apresentam ampla variação. Portanto, apesar dos inúmeros trabalhos avaliando esses alimentos, os resultados são ainda inconsistentes.

Para que sejam obtidos dados mais concretos e homogêneos sobre a digestibilidade da proteína e aminoácidos dos subprodutos de abatedouros, além de mais pesquisas neste sentido, é necessário também que haja uma maior padronização na fabricação dos mesmos. Somente assim os resultados obtidos através de pesquisas conquistarão maior credibilidade e poderão ser aplicados com maior confiabilidade na formulação de rações para suínos.

Dessa forma, objetivou-se avaliar as digestibilidades ileal aparente e verdadeira da farinha de vísceras de aves, farinha de vísceras de suínos, farinha de vísceras mista (aves e suínos) e farinha de penas com suínos em crescimento através do uso de cânula-T simples.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Setor de Suinocultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, durante o período de setembro a outubro de 1999. No ensaio de digestibilidade foram utilizados quatro alimentos protéicos de origem animal: farinha de vísceras de aves, farinha de vísceras de suínos, farinha de vísceras mista (aves e suínos) e farinha de penas. Oito suínos machos castrados, mestiços (Landrace x Large White), pesando inicialmente 25 kg, foram submetidos à cirurgia para implantação de uma cânula-T, 15 a 20 centímetros anterior à válvula íleo-cecal, segundo metodologia descrita por EASTER & TANKSLEY JUNIOR (1973). A cirurgia foi realizada no centro Cirúrgico de Grandes Animais do Departamento de Veterinária da Universidade Federal de Viçosa. Os animais foram alojados em baias de creche suspensas de metal com piso de plástico.

Após a cirurgia, os animais passaram por um período de recuperação de 14 dias. Durante os três primeiros dias do período de recuperação, os animais foram tratados com antibióticos. Os animais receberam uma dieta à base de milho e farelo de soja, durante toda a fase de recuperação, após a qual tiveram início os períodos de adaptação e coleta. Os animais foram submetidos a um período de cinco dias de adaptação à dieta experimental, seguido de 24 horas de coleta do conteúdo ileal.

A quantidade de ração fornecida diariamente a cada animal foi calculada com base na matéria seca e no tamanho metabólico ($Kg^{0,75}$), considerando o consumo voluntário previamente observado nos três primeiros dias do período de adaptação. O volume diário de ração fornecido a cada animal foi dividido igualmente para dois arraçoamentos, com intervalos de 12 horas (7 h e 19 h) durante o experimento. Todas as rações foram umedecidas com água antes do fornecimento aos animais, para facilitar a ingestão e reduzir o desperdício. Os suínos receberam água à vontade. A coleta foi realizada por meio de um saco plástico para coleta adaptado à cânula-T de forma a receber o conteúdo ileal desviado através da mesma. A digesta foi coletada por um período de 24 horas em intervalos de três em três horas ou assim que os sacos de coleta estivessem cheios. O período de coleta se estendeu do arraçoamento das 7 horas da manhã do sexto dia de fornecimento da dieta experimental até o arraçoamento

das 7 horas da manhã do dia seguinte, totalizando um número de oito coletas. Durante o período de coleta as amostras de cada tratamento foram colocadas juntas em sacos plásticos e armazenadas à temperatura de 5° C. Ao término da última coleta, as amostras foram congeladas para posterior análise.

As rações experimentais foram formuladas para conterem 13% de proteína bruta (PB). O alimento avaliado constituiu a única fonte de proteína da dieta experimental. O teor mínimo de fibra bruta (FB) para todas as rações foi de 2,00%. Os valores de energia bruta (EB) não foram fixados. Foram adicionados à ração, açúcar, amido de milho, sal iodado, anti-oxidante (BHT), fosfato bicálcico, calcário calcítico, premix mineral, premix vitamínico, procurando atender às exigências de minerais e vitaminas recomendadas por ROSTAGNO (1994). Em todas as rações experimentais foi adicionado 0,50% de óxido crômico, como indicador na determinação da digestibilidade. A excreção endógena de proteína e aminoácidos foi determinada através de uma dieta isenta de proteína (DIP).

A composição aminoacídica dos alimentos e a composição centesimal das dietas experimentais encontram-se nas tabelas 1 e 2 respectivamente.

As amostras foram avaliadas quanto ao teor de matéria seca, proteína bruta, e óxido crômico nas rações e nas digestas através de análises realizadas no Laboratório de Nutrição Animal, do Departamento de Zootecnia, da Universidade Federal de Viçosa, de acordo com os métodos descritos por SILVA (1990).

Tabela 1 – Composição percentual média dos alimentos analisados¹

Aminoácidos ²	Alimentos			
	Far. Vísceras Aves	Far. Vísceras Suínos	Far. Vísceras Mista	Far. Penas
Matéria seca ³	91,62	91,12	92,11	89,72
Proteína bruta	54,75	39,50	49,16	84,94
Lisina		2,990	2,483	1,908
Treonina	2,680		1,754	4,012
Metionina	1,235		0,788	0,585
Cistina	0,677	0,505	0,468	4,363

Met+Cis	1,912	1,248	1,256	4,948
Alanina	4,637	4,316	3,383	3,802
	5,169	3,940	3,408	5,705
Ácido aspártico	5,580	4,452	3,854	5,490
Ácido glutâmico	8,848	6,731	5,997	8,974
Glicina	7,479	6,754	5,575	6,509
Histidina	1,307	1,378	0,866	0,751
Isoleucina	2,601	1,699	1,606	4,113
Leucina	4,615	3,795	3,066	6,788
Fenilalanina	2,590	2,181	1,784	4,026
Serina	2,789	2,227	1,998	9,748
Tirosina	1,643	0,943	0,940	1,874
Valina	3,371	2,812	2,140	6,323

¹ Valores expressos na matéria natural

² Análises realizadas na Ajinomoto Animal Nutrition.

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

Para a determinação da composição aminoacídica das digestas, foi feita a junção das amostras de duas repetições de cada alimento em um único pool de aminoácidos. A quantidade de cada amostra utilizada no pool de aminoácidos foi proporcional à quantidade de digesta coletada em cada repetição. A avaliação dos pools quanto ao teor de aminoácidos, foi realizada pela Ajinomoto Animal Nutrition.

Tabela 2 – Composição centesimal das dietas experimentais ¹

Ingrediente	Dietas				
	T1	T2	T3	T4	DIP
Farinha de Vísceras Aves	24,32	-	-	-	-
Farinha de Vísceras Suínos	-	30,95	-	-	-
Farinha de Vísceras Mista	-	-	26,44	-	-
Farinha de Penas	-	-	-	16,38	-
Açúcar	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Amido	59,73	52,41	56,73	64,35	79,68
Casca de arroz	3,55	4,55	3,83	4,67	5,24
Calcário	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fosfato bicálcico	0,31	0,00	0,91	2,50	2,97
Suplemento mineral ²	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Suplemento vitamínico ³	0,10	0,10	0,10	0,10	0,05
Sal	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Óleo vegetal	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
BHT	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Óxido crômico	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
TOTAL	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Composição calculada ⁴

Matéria seca (%)	89,69	90,41	90,58	89,32	85,34
Proteína bruta (%)	13,00	13,00	13,00	13,00	0,48
Energia digestível (kcal/kg)	3072	3273	3395	3648	3445
Fibra bruta (%)	8,47	2,00	2,00	2,00	2,00
Cálcio (%)	0,673	0,671	0,673	0,834	0,51
Fósforo total (%)	1,041	0,512	0,512	0,512	0,68

¹ Valores expressos na matéria natural.

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

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

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

A concentração de triptofano das amostras não foi avaliada e consequentemente os coeficientes de digestibilidade para este aminoácido não foram determinados.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com quatro repetições, realizadas em duas fases. Na primeira fase foram feitas duas repetições para cada alimento testado utilizando-se oito animais. Após o término da primeira fase procedeu-se um intervalo de três dias, onde os animais voltaram a receber a dieta a base de milho e farelo de soja. Os animais foram redistribuídos de modo a não receber o mesmo tratamento da fase anterior, dando início à segunda fase de coleta com mais duas repetições por alimento. Cada animal constituiu uma unidade experimental.

As digestibilidades aparente e verdadeira da proteína e aminoácidos foram calculadas com base nos níveis de cromo (Cr), nas rações e digesta, por meio do cálculo do fator de indigestibilidade (FI), a partir das seguintes fórmulas :

1 - Matéria seca digestível (MSD)

MSD (%) = 100 – (FI1 x 100) em que :

FI1 = fator de indigestibilidade

FI1 = $\frac{\text{Cr2O3 dieta}}{\text{Cr2O3 digesta}}$

Cr2O3 digesta

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

CDapPB (%) = $\frac{\text{PB dieta} - (\text{PB digesta} \times \text{FI1})}{\text{PB dieta}} \times 100$

PB dieta

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

CDvPB (%) = $\frac{\text{PB dieta} - (\text{PB digesta} \times \text{FI1} - \text{PBe} \times \text{FI2})}{\text{PB dieta}} \times 100$

PB dieta

em que : PBe = PB endógena excretada na digesta

FI2 = fator de indigestibilidade da dieta isenta de proteína.

FI2 = $\frac{\text{Cr2O3 dieta (DIP)}}{\text{Cr2O3 digesta(DIP)}}$

Cr2O3 digesta(DIP)

4 – Coeficiente de digestibilidade aparente de aminoácidos

(CdapAA) – (ROSTAGNO e FEATHERSTON, 1977)

CdapAA (%) = $\frac{\text{mg AA/g dieta} - \text{mg AA/g E1} \times \text{FI1}}{\text{mg AA/g dieta}} \times 100$

mg AA/g dieta

em que: E1 = digesta da dieta teste

5 – Coeficiente de digestibilidade verdadeira de aminoácidos (CDv) - (ROSTAGNO e FEATHERSTON, 1977)

CDvAA (%) = $\frac{\text{mg AA/g dieta} - (\text{mg AA/g E1} \times \text{FI1} - \text{mg AA/g E2} \times \text{FI2})}{\text{mg AA/g dieta}} \times 100$

mg AA/g dieta

em que: E2 = digesta da dieta isenta de proteína

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Digestibilidade ileal aparente

As farinhas de vísceras e penas avaliadas apresentaram elevados coeficientes de digestibilidade dos aminoácidos (tabela 3 além de possuírem altas concentrações dos mesmos em sua composição química.

O maior coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta entre os alimentos testados foi da FVA com 82,35%, seguido pela FP com 81,45%, FVM com 81,0% e FVS com 77,40% de digestibilidade. Os resultados encontrados para a FVA e FP foram superiores aos de RHÔNE-POULENC ANIMAL NUTRITION (1993), de 72,0% para ambos, aos de KNABE (1989), de 76,0 e 71,0%, respectivamente e ao de EUROLYSINE (1995), de 76,0% para FP.

A farinha de vísceras de aves foi o alimento que apresentou a maior média dos coeficientes de digestibilidade aparente dos aminoácidos essenciais (83,99%), seguida pela FP, com 82,01%. A média dos CDap do aminoácidos essenciais da FVM e FVS foram semelhantes (80,55 e 80,44%, respectivamente).

Tabela 3– Coeficientes de digestibilidade ileal aparente da proteína bruta (CdapPB) e de aminoácidos (CDapAA) dos alimentos, utilizando cânula T simples, com suínos ¹

Aminoácidos	Alimentos			
	F. Visc. Aves	F. Visc. Suínos	F. Visc. Mista	F. Penas
CdapPB (%)	82,35	77,40	81,00	81,45
Lisina	82,42	75,11	75,16	71,11
Treonina	84,32	80,72	80,87	84,04
Metionina	85,10	80,59	82,50	81,15
Arginina	85,70	82,15	82,69	87,10
Histidina	85,11	80,97	81,91	81,85
Isoleucina	83,48	81,20	80,62	83,76

Leucina	84,17	81,59	81,27	82,68
Fenilalanina	83,63	80,96	80,96	84,85
Valina	81,95	80,69	78,98	81,55
MÉDIA (AAE)	83,99	80,44	80,55	82,01
Cistina	78,86	74,68	74,08	83,18
Alanina	82,13	79,91	79,28	78,92
Ácido aspártico	83,37	78,98	79,10	78,35
Ácido glutâmico	84,07	80,91	81,23	81,58
Glicina	83,33	80,27	79,66	81,33
Serina	84,28	80,52	80,84	86,00
Tirosina	84,55	80,54	81,23	85,32
MÉDIA (AANE)	82,94	79,41	79,34	82,10

[†] Valores expressos em porcentagem.

A arginina foi o aminoácido essencial de maior digestibilidade aparente para todos os alimentos testados, com coeficientes de 85,70, 82,15, 82,69 e 87,10% para FVA, FVS, FVM e FP, respectivamente. A maior digestibilidade da arginina em relação aos demais aminoácidos também foi observada pelo NRC (1998), de 85,0%, RHÔNE-POULENC ANIMAL NUTRITION (1993), de 83,0% e KNABE (1989), de 88,0% para a FVA e por KNABE (1989), de 84,0% para a FP. Os coeficientes de digestibilidade da arginina para FP, referendados por NRC (1998), RHÔNE-POULENC ANIMAL NUTRITION (1993) e EUROLYSINE (1995) foram de 81,0, 81,0, e 83,3%, respectivamente, inferiores aos encontrados neste trabalho.

Os menores coeficientes de digestibilidade entre os aminoácidos essenciais ocorreram para lisina na FVS, FVM e FP com 75,11, 75,16 e 71,11%, respectivamente e valina (81,95%) seguida pela lisina (82,42%) na FVA. Estes valores foram superiores aos do NRC (1998), RHÔNE-POULENC ANIMAL NUTRITION (1993) e KNABE (1989), de 78,0, 76,0 e 86,0% e 68,95, 54,0, 55,0 e 74,0% para a FVA e FP, respectivamente e EUROLYSINE (1995), de 61,30% para a FP.

Os coeficientes de digestibilidade aparente da treonina, metionina, histidina e fenilalanina da FVA foram de 84,32, 85,10, 85,11 e 83,63%, respectivamente. Estes resultados foram maiores que aqueles propostos pelo NRC (1998), de 72,0, 74,0, 76,0 e 80,0% respectivamente e semelhante ao proposto por KNABE (1989), de 83,0 para fenilalanina. Os aminoácidos valina, leucina e isoleucina apresentaram valores de

digestibilidade de 81,95, 84,17 e 83,48%, maiores que os do NRC (1998) de 74,0, 78,0 e 77,0%, RHÔNE-POULENC ANIMAL NUTRITION (1993) de 71,0, 77,0 e 77,0% e KNABE (1989), de 78,0, 82,0 e 80,0%, respectivamente.

A digestibilidade dos demais aminoácidos essenciais da farinha de penas foram: treonina (84,04%), metionina (81,15%), histidina (81,85%), fenilalanina (84,85%), valina (81,55%), leucina (82,68%) e isoleucina (83,76%).

Entre os aminoácidos não essenciais, as maiores médias de digestibilidade foram as da FVA e FP com coeficientes de 82,94 e 82,10%, seguidas pelas FVS e FVM, com 79,41 e 79,34% de digestibilidade, respectivamente.

Tirosina e serina apresentaram os maiores coeficientes de digestibilidade aparente para a FVA (84,55 e 84,28%) e FP (85,32 e 86,0%), respectivamente. A FVS e FVM apresentaram as maiores digestibilidades para ácido glutâmico (80,91 e 81,23%) e tirosina (80,54 e 81,23%), respectivamente.

A cistina foi o aminoácido não essencial de menor digestibilidade aparente das farinhas de vísceras (FVA, FVS e FVM), 78,86, 74,68 e 74,08%, enquanto para a FP, ácido aspártico e alanina foram os aminoácidos que apresentaram os menores coeficientes de digestibilidade, 78,35 e 78,92%, respectivamente.

Digestibilidade ileal verdadeira

Os coeficientes de digestibilidade verdadeira da proteína e dos aminoácidos essenciais e não essenciais da farinha de vísceras de aves (FVA), farinha de vísceras de suínos (FVS), farinha de vísceras mista (FVM) e farinha de penas (FP), calculados através de correção pelos valores de excreção endógena obtidos com a dieta isenta de proteína (Tabela 4), encontram-se na Tabela 5.

A farinha de vísceras de aves foi o alimento que apresentou mais elevado coeficiente de digestibilidade verdadeira da proteína bruta (83,23%), seguida pela farinha de penas (82,06%). Os CDv da proteína das FVS e FVM foram 78,60 e 81,54%, respectivamente.

As maiores médias dos coeficientes de digestibilidade verdadeira dos aminoácidos foram da FVA e FP (84,68 e 82,78%), respectivamente. Para a FVS e FVM, os valores médios de digestibilidade foram de 81,33 e 81,61%, respectivamente.

A variação entre as médias dos coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira dos aminoácidos essenciais foi pequena para todos os alimentos testados. A diferença entre as

digestibilidades verdadeira e aparente encontrada para os aminoácidos individuais também foi pequena.

Os aminoácidos de maior digestibilidade da FVA foram arginina (85,97%), histidina (85,70%), metionina (85,55%) e treonina (85,43%). O valor para arginina, referendado pelo NRC (1998) e RHÔNE-POULENC ANIMAL NUTRITION (1993), de 85,0%, semelhante ao encontrado neste trabalho, também foi o mais elevado entre os aminoácidos essenciais mensurados. No entanto, os valor proposto por ROSTAGNO (1997), de 81,0% foi inferior ao obtido neste experimento.

Os valores de digestibilidade verdadeira dos demais aminoácidos acima mencionados, em sua respectiva ordem são: NRC (1998), 78,0, 77,0 e 77,0%, RHÔNE-POULENC ANIMAL NUTRITION (1993), 78,0, 77,0 e 77,0% e ROSTAGNO (1997), 74,34, 73,21 e 73,28%, todos inferiores aos obtidos neste experimento.

Tabela 4— Valores médios de aminoácidos endógenos ileais, determinados utilizando uma dieta isenta de proteína (DIP), pela técnica T simples, com suínos.

Aminoácidos ¹	mg/kg DIP consumida
Matéria seca ²	94,80
Lisina	281
Treonina	292
Metionina	057
Arginina	170
Histidina	081
Isoleucina	193
Leucina	320
Fenilalanina	198
Valina	313
Cistina	109
Alanina	383
Ácido aspártico	435
Ácido glutâmico	519
Glicina	421

Serina	222
Tirosina	092

¹ Análises realizadas pela Ajinomoto Animal Nutrition.

² Valor expresso em porcentagem.

Na FVS, os aminoácidos de maior digestibilidade foram arginina (82,51%), leucina (82,38%), isoleucina (82,38%) e treonina (82,16%) e na FVM foram metionina, arginina, histidina e treonina com 83,20, 83,10, 82,78 e 82,56% de digestibilidade, respectivamente.

Tabela 5– Coeficientes de digestibilidade ileal verdadeira de aminoácidos (CDvAA) de alimentos, utilizando cânula T simples, com suínos 1

Aminoácidos	Alimentos			
	F. Visc. Aves	F. Visc. Suínos	F. Visc. Mista	F. Penas
CDvPB (%)	83,23	78,60	81,54	82,06
Lisina	83,12	76,03	76,26	72,55
Treonina	85,43	82,16	82,56	84,78
Metionina	85,55	81,33	83,20	82,11
Arginina	85,97	82,51	83,10	87,34
Histidina	85,70	81,52	82,78	82,85
Isoleucina	84,26	82,38	81,86	84,25
Leucina	84,81	82,38	82,24	83,12
Fenilalanina	84,34	81,80	81,98	85,31
Valina	82,89	81,82	80,47	82,70
MÉDIA (AAE)	84,68	81,33	81,61	82,78
Cistina	80,18	76,44	75,99	83,37
Alanina	82,86	80,69	80,28	79,81
Ácido aspártico	84,09	79,89	80,15	79,08
Ácido glutâmico	84,58	81,57	81,98	82,08
Glicina	83,93	80,94	80,47	82,02
Serina	85,00	81,44	81,86	86,22

Tirosina	85,20	81,69	82,39	85,90
MÉDIA (AANE)	83,69	80,38	80,45	82,64

¹ Valores expressos em porcentagem.

A farinha de penas apresentou a arginina (87,34%), como o aminoácido de maior digestibilidade, superior aos valores referendados pelo NRC (1998), de 85,0%, RHÔNE-POULENC ANIMAL NUTRITION (1993), de 84,0% e ROSTAGNO (1997), de 86,30%, porém semelhante a EUROLYSINE (1995), de 87,70%. Fenilalanina (85,31%) e treonina (84,78%) foram o segundo e o terceiro aminoácidos mais digestíveis para este alimento, respectivamente. O valor encontrado para a fenilalanina ficou abaixo dos propostos pelo NRC (1998), EUROLYSINE (1995) e ROSTAGNO (1997), de 86,0, 89,30 e 87,66%, respectivamente e semelhante a 85,0%, de acordo com RHÔNE-POULENC ANIMAL NUTRITION (1993), enquanto o encontrado para treonina foi superior aos das correspondentes referências anteriormente citadas (82,0, 82,60, 82,38 e 80,0%, respectivamente).

A lisina foi o aminoácido essencial de menor digestibilidade verdadeira na FVS, FVM e FP com coeficientes de 76,03, 76,26 e 72,55%, respectivamente. Este aminoácido correspondeu ao segundo aminoácido de menor digestibilidade verdadeira da FVA (83,12%), sendo superior somente à valina, que apresentou um coeficiente de 82,89% de digestibilidade. Valores inferiores em relação aos demais aminoácidos na digestibilidade verdadeira da lisina para FP (67,0, 66,0, 70,5 e 68,95%) também foram observados por NRC (1998), RHÔNE-POULENC ANIMAL NUTRITION (1993), EUROLYSINE (1995) e ROSTAGNO (1997), respectivamente. O CDv da lisina superou aquele proposto pelo NRC (1998) e RHÔNE-POULENC ANIMAL NUTRITION (1993), de 80,0% para a FVA.

Apesar dos elevados níveis de lisina encontrados nas farinhas de vísceras, WANG e PARSONS (1998), avaliando a ordem de limitação dos aminoácidos de farinhas de vísceras de aves fornecidas para aves, verificaram que a lisina foi o terceiro aminoácido limitante, depois da cistina e triptofano. De acordo com WILLIAMS (1995), a lisina tende a ser o primeiro aminoácido limitante em vários alimentos e é o aminoácido mais sensível ao tratamento térmico por participar diretamente da reação semelhante à reação de Maillard que ocorre em alimentos de origem animal. Segundo Mauron (1972) citado por VARNISH e CARPENTER (1975) a reação do grupamento ϵ -amino dos resíduos de lisina com os grupos carboxila do ácido aspártico ou glutâmico pode modificar a estrutura da proteína de forma a

prejudicar o ataque de enzimas digestivas. Apesar da menor digestibilidade da lisina em relação aos demais aminoácidos, a limitação da mesma em produtos de origem animal deve ser atribuída mais a uma baixa disponibilidade do que a uma deficiência em sua digestibilidade.

O aminoácido não essencial de menor digestibilidade para a FVA, FVS e FVM foi a cistina (80,18, 76,44 e 75,99%, respectivamente). Além de apresentar os menores coeficientes de digestibilidade verdadeira entre as farinhas de vísceras, a cistina é também o aminoácido de menor concentração nestes produtos. Provavelmente este seja o motivo da cistina ser o primeiro aminoácido limitante em dietas utilizando farinhas de vísceras, como observado por WANG e PARSONS (1998) em experimento realizado com frangos alimentados com farinha de vísceras de aves.

A tirosina foi o aminoácido não essencial que apresentou o maior coeficiente de digestibilidade verdadeira para a FVA, FVS e FVM, com valores de 85,20, 81,69 e 82,39%, respectivamente.

Para a FP, o ácido aspártico e alanina foram os aminoácidos não essenciais de menor digestibilidade verdadeira (79,08 e 79,81%), enquanto serina e tirosina apresentaram os maiores CDv (86,22 e 85,90%), respectivamente. Os valores de digestibilidade da serina e tirosina superam os apresentados pela RHÔNE-POULENC ANIMAL NUTRITION (1993) de 83,0 e 79,0%, respectivamente.

O perfil de digestibilidade verdadeira dos aminoácidos não essenciais foi bastante semelhante entre as farinhas de vísceras avaliadas. As farinhas de vísceras de suínos e mista apresentaram pequenas diferenças entre os coeficientes de digestibilidade para todos os aminoácidos testados. Maiores diferenças ocorreram quanto a composição química no que diz respeito ao teor aminoacídico, com alguma superioridade para a farinha de vísceras de suínos. A concentração de aminoácidos encontrada na farinha de vísceras de aves foi maior em relação às duas outras farinhas de vísceras. A cistina foi o aminoácido de menor concentração nas três farinhas de vísceras, enquanto a metionina foi o aminoácido mais escasso da farinha de penas. O restante dos aminoácidos da farinha de penas, com exceção da lisina, alanina e histidina foram superiores ou semelhantes em quantidade aos demais alimentos avaliados.

O conteúdo de aminoácidos digestíveis verdadeiros do farelo de arroz integral e das leveduras de cana são apresentados na tabela 6.

Tabela 6 – Conteúdo de aminoácidos digestíveis verdadeiros de alimentos, utilizando cânula T simples, com suínos¹

Aminoácido	Alimento			
	Far. Vísc. Aves	Far. Vísc. Suínos	Far. Vísc. Mista	Farinha Penas
Lisina	3.28	2.27	1.89	1.38
Treonina	2.29	1.69	1.45	3.40
Metionina	1.06	0.61	0.66	0.48
Arginina	4.44	3.25	2.83	4.98
Histidina	1.12	1.12	0.72	0.62
Isoleucina	2.19	1.40	1.31	3.47
Leucina	3.91	3.13	2.52	5.64
Fenilalanina	2.18	1.78	1.46	3.43
Valina	2.79	2.30	1.72	5.23
Cistina	0.54	0.39	0.36	3.64
Alanina	3.84	3.48	2.72	3.03
Ácido aspártico	4.69	3.56	3.09	4.34
Ácido glutâmico	7.48	5.49	4.92	7.37
Glicina	6.28	5.47	4.49	5.34
Serina	2.37	1.81	1.64	8.40
Tirosina	1.40	0.77	0.77	1.61

¹ Valores expressos na matéria natural (g /100g de alimento).

CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos neste experimento, conclui-se que:

As farinhas de vísceras de aves de suínos e mista e a farinha de penas avaliadas apresentaram elevados coeficientes de digestibilidade verdadeira e aparente, além de possuírem altos níveis de aminoácidos essenciais e não essenciais, podendo constituir uma boa fonte protéica para suínos em crescimento desde que adequadamente produzidos e processados.

As grandes variações nos coeficientes de digestibilidade dos aminoácidos encontradas na literatura exigem uma maior padronização das matérias primas utilizadas na fabricação destes alimentos e um maior controle do processamento desta matéria prima para que os resultados de digestibilidade obtidos experimentalmente sejam mais conclusivos e menos conflitantes.

CONCLUSÃO GERAL

Com base no conteúdo de aminoácidos digestíveis, os alimentos avaliados podem ser incluídos em dietas para suínos em crescimento. No entanto, os níveis de inclusão de tais alimentos, assim como os efeitos dessa inclusão sobre o desempenho dos animais e a viabilidade econômica da mesma devem ser avaliados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBIN, D.M.; WUBBEN, J.E.; SMIRICKY, M.R., GABERT, V.M. The effect of feed intake on ileal rate of passage and apparent amino acid digestibility determined with or without correction factors in pigs. **J. Anim. Sci.**, v.79, p.1250-1258, 2001.
- BAKKER, G.C.M., JONGBLOED, A.W. The effect of housing system on apparent digestibility in pigs, using the classical and marker (chromic oxide, acid-insoluble ash) techniques, in relation to dietary composition. **J. Sci. Food Agric.**, v. 64, p. 107-115, 1994.
- BERTO, D. A. Uso da levedura desidratada na alimentação de suínos. In: SIMPÓSIO SOBRE TECNOLOGIA DA PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DA LEVEDURA DESIDRATADA NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL. **Anais...** Campinas- SP: CBNA, p. 85-110, 1997.

- BURACZEWSKA, L., BURACZEWSKI, S., ZEBROWSKA, T. Digestion and absorption in the small intestine of pigs. Part 2. Amino acid content in digesta and their absorption. **Rocz. Nauk Roln.**, v. 97, p.103-115, 1975.
- BUTOLO, E.A.F. Leveduras vivas e termolizadas na alimentação animal. In: SIMPÓSIO SOBRE INGREDIENTES NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL. **Anais...** Campinas- SP: CBNA, p. 191-198, 2001.
- BUTTS, C.A., MOUGHAN, P.J., SMITH, W.C. Protein nitrogen, peptide nitrogen and free amino acid nitrogen in endogenous digest nitrogen at the terminal ileum of the rat. **J. Sci. Food Agric.**, v.59, p.291-298, 1992.
- BUTTS, C.A., MOUGHAN, P.J., SMITH, W.C., CARR, D.H. Endogenous lysine and other amino acid flows at the terminal ileum of the growing pig (20 kg bodyweight): the effect of protein-free, synthetic amino acid, peptide and protein alimentation. **J. Sci. Food Agric.**, v. 61, p. 31-40, 1993.
- COSTA, P.T. O arroz na alimentação animal. In: SIMPÓSIO SOBRE INGREDIENTES NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL. **Anais...** Campinas- SP: CBNA, p. 77- 85, 2001.
- DONKOH, A., MOUGHAN, P.J. The effect of dietary crude protein content on apparent and true ileal nitrogen and amino acid digestibilities. **British Journal of Nutrition**, v.72, p.59-68, 1994.
- EASTER, R.A., TANKSLEY JUNIOR, T.D. A technique for re-entrant ileo-cecal cannulation of swine. **J. Anim. Sci.**, v. 36, p. 1099-1103, 1973.
- EUROLISINE – ITCF. Ileal digestibility of amino acids in feedstuffs for pigs. 53p., 1995.
- FULLER, M.F. Methodologies for the measurement of digestion. In: DIGESTIVE physiology IN PIGS. Vth INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PHYSIOLOGY IN PIGS, 1991, Wageningen (Doorwerth). **Proceedings ...** Wageningen: Netherlands v. 54, p. 273-288, 1991.
- 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. **Anim. Feed Sci. and Tech.** v. 48, p. 305-324, 1994.
- FURUYA, S., KAJI, Y. Estimation of the true ileal digestibility of amino acids and nitrogen from their apparent values for growing pigs. **Anim. Feed Sci. and Tech.** v. 26, p. 271-285, 1989.
- HAYDON, K.D., KNABE, D.A., TANKSLEY Jr., T.D. Effects of level of feed intake on nitrogen, amino acids and energy digestibilities measured at the end of small intestine and over the total digestive tract of growing pigs. **J. Anim. Sci.**, v. 59, p. 717-724, 1984.

- HORII, J., Tecnologia da Produção de Levedura Desidratada Visando Qualidade do Produto Final. In: SIMPÓSIO SOBRE TECNOLOGIA DA PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DA LEVEDURA DESIDRATADA NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL. **Anais** Campinas- SP: CBNA, p. 6-25, 1997.
- IKEGEMI, S., TSUCHIHASHI, F., HARADA, F., et al. Effect of viscous indigestible polyssacharides on pancreatic-biliary secretion and digestive organs in rats, *J. Nutr.*, 120 (2): 227-237, 1991.
- JIANG, Z. Use of true ileal digestible amino acids in feed formulation. **Technical Bulletin**, American Soybean Association <http://www.pacweb.net.sg/asa/technical/an11-1997.html> 06/08/98.
- KNABE, D. A., LA RUE, D.C., GREGG, E.J., MARTINEZ, G. M., TANKSLEY JR., T. D. Apparent digestibility of nitrogen and amino acids in protein feedstuffs by growing pigs. *J. Anim. Sci.*, v.67, p.441-458, 1989.
- KNABE, D. A. Bioavailability of amino acids in feedstuffs for swine. In: MILLER, E. R., ULLREY, D. E., LEWIS, A.J. *Swine nutrition*, 4th ed., p. 327-339, 1991.
- de LANGE, C.F.M., SAUER, W.C., MOSENTHIN, R., SOUFFRANT, W.B. The effect of feeding different protein-free diets on the recovery and amino acid composition of endogenous protein collected from the distal ileum and feces in pigs. *J. Anim. Sci.*, v. 67, p. 746-754, 1989.
- LAPLACE, J.P. Amino-acid availability in pig feeding. **4th. World Congress of Animal Feeding**, Madri, Espanha, v.IX, p.109-129, 1986.
- LAPLACE, J.P., DARCY-VRILLON, B. Associative effects between two fibre sources on ileal and overall digestibilities of amino acids, energy and cell-wall components in growing pigs. *British Journal of Nutrition* , v. 61, p. 75-87, 1989.
- LEIBHOLZ, J. The availability of lysine in diets for pigs: comparative methodology. *British Journal of Nutrition* v. 67, p. 401-410, 1992.
- LENIS, N. P. Digestible amino acids for pigs: assessment of requirements on ileal digestible basis. *Pig News and Information*, v. 13, n.1, p. 31N-39N, 1992.
- LOW, A.G. Studies on digestion and absorption in the intestines of growing pigs 6. Measurements of the flow of amino acids. *British Journal of Nutrition* v. 41, p. 147-156, 1979.
- LOW, A.G. Nutrient absorption in pigs. *J. Sci. Food Agric.*, v. 31, p. 1087-1130, 1980.

- LOW, A.G. Digestibility and availability of amino acids from feedstuffs for pig: a review. **Livest. Prod. Sci.**, v. 9, p. 511-520, 1982.
- MOSENTHIN, R., SAUER, W.C., AHRENS, F. Dietary pectin's effect on ileal and fecal amino acid digestibility and exocrine pancreatic secretion in growing pigs. **J. Nutr.**, v.124, p. 1222-1229, 1994.
- MOSENTHIN, R., SAUER, W.C., BLANK, R., HUISMAN, J., FAN, M.Z. The concept of digestible amino acids in diet formulation for pigs. **Livestock Production Science**, v.64, p.265-280, 2000.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. Nutrient Requirements of Swine (10th.Ed.). National Academy Press, Washington, DC. 1998. 189p.
- NYACHOTI, C.M., de LANGE, C.F.M., Mc BRIDE, B.W., SCHULZE, H. Significance of endogenous gut nitrogen losses in the nutrition of growing pigs: A review. **Can. J. Anim. Sci.**, v. 77, p. 149-163, 1997.
- RHÔNE POULENC ANIMAL NUTRITION. Feed ingredients formulation in digestible amino acids. **Rhodimet Nutrition Guide**. 2nd. ed., 55p., 1993.
- RIVEST, J., BERNIER, J.F., POMAR, C.A. dynamic model of protein digestion in the small intestine of pigs. **J. Anim. Sci.**, v.78, p.328-340, 2000.
- ROSTAGNO, H.S., FEATHERSTON, W.R. Estudos de métodos para determinação de disponibilidade de aminoácidos. **Rev. Soc. Bras. Zoot.**, 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., ALBINO, L.F.T., DONZELE, J.L., GOMES, P. C., FERREIRA, A.S., OLIVEIRA, R.F. LOPES, D.C. **Tabelas Brasileiras Para Aves e Suínos - Composição de alimentos e exigências nutricionais** . Viçosa- MG, UFV, Impr. Univ., 2000. 141p.
- SAUER, W.C., STOTHERS, S.C., PARKER, R. J. Apparent and true availabilities of amino acids in wheat and milling by-products for growing pigs. **Can. J. An. Sci.**, v. 57, p. 775-784, 1977.
- SAUER, W.C., OZIMECK, L. Digestibility of amino acids in swine: results and their practical applications. A review. **Livest. Prod. Sci.**, Vol. 15, p. 367-388, 1986.
- 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. Vth INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PHYSIOLOGY IN PIGS, 1991, Wageningen (Doorwerth). **Proceedings ...** Wageningen: Netherlands, 1991. p. 147-166.
- SOUFFRANT, W.B. Effect of dietary fiber on ileal digestibility and endogenous nitrogen losses in the pig. **Animal Feed Science and Technology**, v.90, p.93-102, 2001.
- STEIN, H.H., TROTTIER, N.L., BELLAVAR, C., EASTER, R.A. The effect of feeding level and physiological status on total flow and amino acid composition of endogenous protein at the distal ileum in swine. **J. Anim. Sci.**, v. 77, p. 1180-1187, 1999.
- TAMMINGA, S., SCHULZE, H., VAN BRUCHEM, J., HUISMAN, J. The Nutritional significance of endogenous N-losses along the gastro-intestinal tract of farm animals. **Arch. Anim. Nutr.**, v.48, p.9-22, 1995.
- TAVERNER, M.R., HUME, I.D., FARRELL, D.J. Endogenous levels of amino acids on ileal digesta and feces in pigs given cereal diets. **British Journal of Nutrition**, v. 46, n. , p. 149-158, 1981.
- TAVERNER, M.R., HUME, I.D., FARRELL, D.J. Availability to pigs of amino acids in cereal grains. **British Journal of Nutrition**, v.46, p.159-171, 1981.
- VARNISH, S.A., CARPENTER, K.J. Mechanisms of heat damage in proteins. **British Journal of Nutrition**, v.34, p.339-349, 1975.
- WANG, X., PARSONS, C.M. Order of amino acid limitation in poultry by-product meal. **British Poultry Science**, v.39, p.113-116, 1998.
- WILLIAMS, P.R.V. Digestible amino acids for non-ruminant animals: theory and recent challenges. **Anim. Feed Sci. and Tech.**, v. 53, p. 173-187, 1995.
- YIN, Y.L., Mc EVOY, J.D.G., SCHULZE, H., HENNIG, U., SOUFFRANT, W.B., McCRACKEN, K.J. Apparent digestibility (ileal and overall) of nutrients and endogenous nitrogen losses in growing pigs fed wheat (var. Soissons) or its by-products without or with xylanase supplementation. **Livestock Production Science**, v.62, p.119-132, 2000.