

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
PROGRAMA DE DOUTORADO INTEGRADO EM ZOOTECNIA**

**RELAÇÃO TREONINA x LISINA PARA SUÍNOS MACHOS NÃO
CASTRADOS EM FASE DE CRESCIMENTO**

CLÁUDIO JOSÉ PARRO DE OLIVEIRA

**RECIFE
FEVEREIRO - 2012**

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
PROGRAMA DE DOUTORADO INTEGRADO EM ZOOTECNIA**

**EXIGÊNCIA DE TREONINA DIGESTÍVEL PARA
SUÍNOS MACHOS NÃO CASTRADOS EM CRESCIMENTO**

CLÁUDIO JOSÉ PARRO DE OLIVEIRA

Zootecnista

**RECIFE
FEVEREIRO – 2012**

CLÁUDIO JOSÉ PARRO DE OLIVEIRA

**EXIGÊNCIA DE TREONINA DIGESTÍVEL PARA SUÍNOS
MACHOS NÃO CASTRADOS EM CRESCIMENTO**

Tese apresentada ao Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia, da Universidade Federal Rural De Pernambuco, do qual participam também a Universidade Federal da Paraíba e a Universidade Federal do Ceará, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Zootecnia.

Comitê de Orientação:

Prof. Dr. Wilson Moreira Dutra Junior (UFRPE)

Prof. Dr. Horácio Santiago Rostagno (UFV)

Prof. Dr. Luiz Fernando Teixeira Albino (UFV)

**RECIFE – PE
FEVEREIRO - 2012**

CLÁUDIO JOSÉ PARRO DE OLIVEIRA

**EXIGÊNCIA DE TREONINA DIGESTÍVEL PARA SUÍNOS MACHOS
NÃO CASTRADOS EM CRESCIMENTO**

Tese defendida e aprovada pela Comissão Examinadora em 02 de fevereiro de 2012.

Comissão Examinadora:

PROF. DR. WILSON MOREIRA DUTRA JUNIOR

Universidade Federal Rural de Pernambuco
Departamento de Zootecnia – Recife - PE

PROF. DR. AGUSTINHO VALENTE DE FIGUEIREDO

Universidade Federal do Piauí
CCA - Departamento de Zootecnia – Teresina - PI

PROF^a. DR^a. MÔNICA CALIXTO RIBEIRO DE HOLANDA

Universidade Federal Rural de Pernambuco
UAST – UFRPE - PE

PROF. DR. CARLOS BOA VIAGEM RABELLO

Universidade Federal Rural de Pernambuco
Departamento de Zootecnia – Recife - PE

PROF^a. DR^a. MARIA DO CARMO MOHAUPT MARQUES LUDKE

Universidade Federal Rural de Pernambuco
Departamento de Zootecnia – Recife - PE

**RECIFE – PE
FEVEREIRO - 2012**

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

CLÁUDIO JOSÉ PARRO DE OLIVEIRA - Natural de Presidente Venceslau, SP, nascido em trinta de setembro de 1969, filho de Alcides de Melo Oliveira (*in memorian*) e Maria Brígida Parro de Oliveira. Graduado em Zootecnia pela Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” – Campus de Jaboticabal em 1995. Já graduado trabalhou na iniciativa privada em indústrias de rações e produtoras de frangos de corte. Em março de 2000 ingressou como aluno no Mestrado em Zootecnia na UFRPE, obtendo o título de Mestre em Zootecnia na área de concentração Produção Animal, em janeiro de 2002. Retornou à iniciativa privada e, novamente trabalhou em empresas ligadas à nutrição animal. Em agosto de 2008 iniciou o curso de Doutorado em Zootecnia (PDIZ – UFRPE), tendo concluído todas as exigências para a obtenção do título de Doutor em fevereiro de 2012.

Não basta acrescentar orégano à receita de pizza de queijo para outorgar a alguém o título da criadora da pizza de queijo com orégano. Não estamos falando de livros de receitas, em que as mesmas receitas recebem diferentes títulos e autorias a depender do ramo de alecrim que foi adicionado ou de quem copiou a receita.

Débora Diniz (2005)

DEDICATÓRIA

Aos meus Pais Alcides (*in memorian*) e Brígida

A minha esposa Adriana

A meus filhos Muriel e Cao

AGRADECIMENTOS

Agradeço imensamente à minha mulher Adriana por todas as demonstrações de amor e cumplicidade nestes quase 18 anos, e também por ter me possibilitado e participado ativamente na realização de mais esta etapa em minha vida.

Agradeço e peço desculpas a meus filhos Muriel e Cao, pelos momentos de estresse que eventualmente ocorreram, desculpas também por privá-los de mais tempo junto a eles.

A meu pai Alcides (*in memoriam*) que, apesar de ter somente concluído o ensino primário, mostrou-me que todos podemos atingir nossos objetivos, desde que com muito trabalho e persistência. Também por (como excelente relojoeiro que foi) ter me ensinado o “dom” da paciência e assim conseguir visualizar melhor os acontecimentos ao nosso redor.

Ao Prof. Wilson Dutra por seu otimismo e calma, e que em diversos momentos me disse “Tudo na vida tem o seu tempo, Deus sabe o que faz”, muito obrigado.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos e, por intermédio do Programa Nacional de Cooperação Acadêmica (PROCAD) ter me possibilitado conduzir o trabalho de pesquisa em uma instituição com toda a estrutura necessária para isto.

A Universidade Federal de Viçosa (MG) nas pessoas dos professores Luiz Fernando Teixeira Albino e Horácio Santiago Rostagno, pela valiosa orientação durante a execução dos trabalhos.

A Ajinomoto Animal Nutrition pelo fornecimento dos aminoácidos utilizados neste trabalho e também pela realização da análise de aminoácidos nas rações.

Aos funcionários do setor de Suinocultura e Avicultura da UFV, principalmente Vítor, José Alberto (Dedeco), Francisco (Marreco), Adriano, Elísio, José Lino, Raimundo e, pelo apoio e amizade durante a realização dos experimentos.

Aos colegas de Viçosa Wagão, Gabriel, Alice, Rodrigo Knop (Rosca), Jorge, Valdir, Sandra Salguero, Gregório, Fernando Tavernari, Thony, Rosana (Rosca), Rodolfo, Diego e Bruno pelo companheirismo e ajuda dispensada.

Aos colegas de Recife Felipe Lins, Clenilson, Cristiano, Rafael de Paula, Cláudia, Mônica Brainer, Vicente Imbroisi, Alcilene, Izaura, Marco Aurélio, Marcelo Batista, Misleni e Rerisson pelas longas conversas na sala de informática.

Ao grande amigo Fernando “Químico” pelas longas conversas que sempre me ajudaram a voltar à realidade.

Finalmente a Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-graduação em Zootecnia (Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia) pelo excelente programa que, com seus excelentes docentes, me proporcionou imenso crescimento profissional e pessoal nestes 42 meses.

SUMÁRIO

| | PÁGINA |
|---------------|---------------|
| RESUMO..... | xii |
| ABSTRACT..... | xiii |

CAPÍTULO 1

| | |
|--|----------|
| Exigência de treonina digestível para suínos machos não castrados em crescimento (Referencial Teórico)..... | 1 |
| Suinocultura e excreção de nutrientes no meio ambiente..... | 2 |
| Balanço de nitrogênio..... | 4 |
| Nitrogênio da uréia plasmática..... | 9 |
| Referências bibliográficas..... | 12 |

CAPÍTULO 2

| | |
|---|-----------|
| Exigência de treonina digestível para suínos machos não castrados (30 a 50kg)..... | 18 |
| Resumo..... | 19 |
| Abstract..... | 20 |
| Introdução..... | 21 |
| Metodologia..... | 22 |
| Resultados e Discussão..... | 26 |
| Conclusão..... | 30 |
| Referências Bibliográficas..... | 31 |

CAPÍTULO 3

| | |
|---|-----------|
| Exigência de treonina digestível para suínos machos não castrados (50 a 70kg)..... | 34 |
| Resumo..... | 35 |
| Abstract..... | 36 |
| Introdução..... | 37 |
| Metodologia..... | 39 |
| Resultados e Discussão..... | 43 |
| Conclusão..... | 47 |
| Referências Bibliográficas..... | 48 |

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2

| | PÁGINA |
|--|--------|
| 1. Composição das rações experimentais..... | 23 |
| 2. Consumo de ração (CR), proteína bruta (PB) ingerida, PB fecal, PB digerida, PB da urina, PB excretada total, PB retida, PB digestível, PB digestível aparente da ração, utilização líquida da proteína (ULP), valor biológico da proteína dietética (VBPD) e nitrogênio da ureia plasmática (NUP) de suínos em crescimento (30 a 50kg)..... | 27 |

CAPÍTULO 3

| | PÁGINA |
|--|--------|
| 3. Composição das rações experimentais..... | 40 |
| 4. Consumo de ração (CR), proteína bruta (PB) ingerida, PB fecal, PB digerida, PB da urina, PB excretada total, PB retida, PB digestível, PB digestível aparente da ração, utilização líquida da proteína (ULP), valor biológico da proteína dietética (VBPD) e nitrogênio da ureia plasmática (NUP) de suínos em crescimento (50 a 70kg)..... | 44 |

LISTA DE FIGURAS**CAPÍTULO 2**

| | PÁGINA |
|--|--------|
| 1. Instalações – Gaiolas de metabolismo..... | 24 |
| 2. Ponto de inserção da agulha para coleta de sangue no <i>sinus orbital</i> | 26 |

CAPÍTULO 3

| | PÁGINA |
|--|--------|
| 3. Instalações – Gaiolas de metabolismo..... | 41 |
| 4. Ponto de inserção da agulha para coleta de sangue no <i>sinus orbital</i> | 43 |

EXIGÊNCIA DE TREONINA DIGESTÍVEL PARA SUÍNOS MACHOS NÃO CASTRADOS EM CRESCIMENTO

RESUMO GERAL

Dois experimentos foram realizados para investigar o efeito de dietas formuladas com cinco diferentes relações treonina:lisina digestível (TRE:LIS) sobre o balanço de nitrogênio e o nitrogênio da uréia plasmática (NUP) de suínos em crescimento. Foram utilizados 20 suínos “híbridos” comerciais com elevado potencial de produção de carne magra, não castrados durante a fase de crescimento entre 30 e 50 kg de peso vivo, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e quatro repetições e 25 suínos “híbridos” comerciais com elevado potencial de produção de carne magra, não castrados em crescimento entre 50 e 70 kg de peso vivo, em cinco tratamentos e cinco repetições, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado. As relações TRE:LIS foram 57, 61, 65, 69 e 72% em ambas as fases, e os níveis de lisina digestível foram de 1,1% e 1,0% na primeira e segunda fases. Os resultados obtidos para balanço de nitrogênio e NUP foram submetidos ao procedimento PROC GLM do SAS para análise de regressão linear e quadrática. A mudança nas relações TRE:LIS levou a efeito linear negativo sobre a proteína bruta fecal (PB_{fecal}) e efeito quadrático sobre os resultados da proteína bruta retida (PB_{retida}), nos animais criados entre 30 e 50 kg de peso vivo. O consumo de ração (CR), a proteína bruta ingerida (PB_{ingerida}), proteína bruta digerida (PB_{digerida}), proteína bruta excretada na urina (PB_{urina}), proteína bruta excretada total ($PB_{\text{excretada total}}$), proteína bruta digestível ($PB_{\text{digestível}}$), proteína bruta digestível aparente das rações ($PB_{\text{digestívelap das rações}}$), a utilização líquida da proteína (ULP), o valor biológico da proteína dietética (VBPD) e o NUP não foram influenciados pelas relações TRE:LIS. A relação TRE:LIS 64,0% foi a que proporcionou a maior quantidade de PB_{retida} para animais em crescimento entre 30 e 50 kg de peso vivo. Para animais entre 50 e 70kg, a mudança nas relações TRE:LIS proporcionou efeito linear crescente para a PB_{retida} , $PB_{\text{digestívelap das rações}}$, ULP e VBPD e efeito quadrático para o NUP. A relação TRE:LIS 64,28% foi a que proporcionou a menor quantidade de nitrogênio plasmático para animais em crescimento entre 50 e 70 kg de peso vivo.

Palavras-chave: aminoácidos digestíveis, NUP, balanço de nitrogênio

DIGESTIBLE THREONINE REQUIREMENTS TO INTACT MALE PIGS IN FATTENING

ABSTRACT

Two experiments were carried out to investigate the effect of diets, containing different digestible threonine:lysine (THR:LYS) ratios on nitrogen balance and plasma urea nitrogen (PUN) of growing pigs. Were used 20 high-lean commercial crossbreed intact male pigs, during the growth phase between 30 and 50 kg live weight, distributed in a completely randomized design with five treatments and four replicates and 25 high-lean commercial crossbreed intact male pigs, between 50 and 70 kg live weight, with five treatments and five repetitions, distributed in a completely randomized design. THR:LYS ratios were 57, 61, 65, 69 and 72%, in both phases. The digestible lysine levels used were 1.1% and 1.0% (first and second phases). The results obtained for nitrogen and PUN were subjected to PROC GLM of SAS for linear and quadratic regression. The change in relations THR:LYS led to a negative linear effect on fecal crude protein ($_{\text{fecal}}\text{CP}$) and quadratic effect on retained crude protein ($_{\text{retained}}\text{CP}$) in animals raised from 30 to 50 kg live weight. The feed intake (FI), crude protein intake ($\text{CP}_{\text{intake}}$), digested crude protein ($_{\text{digested}}\text{CP}$), crude protein excreted in the urine (UCP), total excreted crude protein (TECP), digestible crude protein (DCP), digestible apparent crude protein of rations (DCPR), the net protein utilization (NPU), biological value of feed protein (BVFP) and plasma urea nitrogen (PUN) were not influenced by THR:LYS ratios. The THR:LYS ratio 64.0% was the one that provided the largest quantity of $_{\text{retained}}\text{CP}$ for fattening pigs (30 and 50 kg live weight). For boars between 50 and 70kg, the change in THR:LYS ratios gave increasing linear effect for $_{\text{retained}}\text{CP}$, DCPR, NPU and BVFP, and a quadratic effect for PUN. The THR:LYS ratio 64.28% was the one that provided the lower amount of plasma nitrogen, for growing animals between 50 and 70 kg live weight.

Key words: digestible aminoacids, PUN, nitrogen balance

CAPÍTULO 1

Referencial Teórico

EXIGÊNCIA DE TREONINA DIGESTÍVEL PARA SUÍNOS MACHOS NÃO CASTRADOS EM CRESCIMENTO

1. Suinocultura e excreção de nutrientes no meio ambiente

O consumo de carne tem uma forte correlação com o produto interno bruto (PIB) *per capita*. À medida que o poder aquisitivo da população aumenta, o consumo de carne também é aumentado, e, por consequência, a produção de carne. Roppa (2009) reuniu dados sobre o crescimento do PIB *per capita* mundial e sobre o consumo de carnes no mundo, nesta compilação de dados verifica-se que o crescimento do PIB mundial de US\$ 2676 *per capita* em 1961 passou para US\$ 5611 em 2001 e com previsão de US\$ 7500 em 2030. Paralelamente a este incremento no poder aquisitivo das pessoas, nota-se também, o aumento no consumo de carnes no mundo que avançou de 23,1 kg *per capita* em 1961 para 38,6 kg em 2001 e com previsão de 45,3 kg *per capita* em 2030.

Neste sentido a carne suína tem papel fundamental, pois é uma das carnes mais produzidas e consumidas no mundo, respondendo por cerca de 38% de toda a carne produzida no mundo em 2008 (FAO, 2010).

Para que sistemas de produção de suínos sejam eficientes e rentáveis é fundamental o conhecimento de conceitos de genética, ambiente, saúde do rebanho, manejo e nutrição. Esses fatores interagem uns com os outros, e esta interação é que determina o nível de produção e rentabilidade. Com a alimentação representando entre 60 a 75 por cento do custo total de produção de suínos, deve-se proporcionar o fornecimento de aminoácidos, carboidratos, vitaminas, minerais e água em quantidades equilibradas, de forma a atender às exigências das diversas categorias trabalhadas. Assim, o adequado conhecimento dos princípios da nutrição de suínos é essencial para manter uma empresa lucrativa.

A adoção da inseminação artificial e de seleção assistida por marcadores tem conduzido a aumento na taxa de progresso genético das populações em ritmo mais acelerado que os tradicionais programas de seleção genética, fato este que pode ter como consequência alterações nas exigências de nutrientes para suínos, em todas as fases de desenvolvimento, em menos de três anos (De ROUCHEY et al., 2007).

As constantes alterações, com melhorias nos sistemas de produção têm conduzido a contínuas mudanças nas recomendações nutricionais dos animais a fim de maximizar o desempenho. Por este motivo, muitas pesquisas têm indicado que suínos, de diferentes raças ou linhagens, apresentam diferentes capacidades para a produção e, portanto, diferentes exigências nutricionais.

O incremento da população suína e, também, da intensidade de produção de suínos no mundo, tem gerado preocupação em relação a nutrientes não utilizados presentes nos dejetos, principalmente o nitrogênio e o fósforo, pois frequentemente não existem práticas de manejo racionais e adequadas dos efluentes da atividade (GRELA & KOWALCZUK-VASILEV, 2010). Por esta razão, atualmente a ênfase é atingir o máximo desempenho com uma mínima excreção de componentes biogênicos não utilizados para o meio ambiente.

Perdas de nutrientes em produção animal são inevitáveis, apesar disto estas perdas podem ser minimizadas ou ao menos controladas. Os principais aspectos que podem facilitar este controle são o tipo do sistema de produção utilizado, a densidade animal, a espécie animal e o correto manejo da exploração, principalmente o manejo da nutrição e dos dejetos (TAMMINGA, 2003).

Em áreas de produção intensiva de suínos a eliminação dos dejetos é um grande problema, segundo Dourmad et al. (1999b) os suinocultores europeus têm seguido as

diretrizes da União Européia para a proteção da água, que limita em 170 e 44 kg/ha/ano o lançamento de nitrogênio e fósforo, respectivamente, no solo.

Neste sentido, Lovatto et al. (2005) argumentou que a suinocultura brasileira é uma das atividades agrícolas que mais contribuem com o lançamento de nitrogênio (N) no meio ambiente, sendo por esta razão frequentemente responsabilizada por desequilíbrios entre os componentes dos sistemas de produção em que ela é explorada intensivamente. Como consequência, este tem sido um dos temas mais debatidos na produção agrícola atual, com a necessidade de estudar, compreender e manipular os sistemas de produção, objetivando torná-los mais harmônicos com o homem, o meio ambiente e os animais.

2. Balanço de nitrogênio

A proteína é geralmente considerada como um veículo para fornecer aminoácidos essenciais, ou nitrogênio (N), para que os aminoácidos não essenciais possam ser sintetizados. Contudo, durante todo o metabolismo das proteínas (anabolismo ou catabolismo) acontecem perdas inevitáveis de aminoácidos, este processo de perda e ganho de aminoácidos é conhecido por *turnover* protéico. Em animais mamíferos os aminoácidos remanescentes, após a deposição de proteína e perdas obrigatórias, são catabolizados e excretados principalmente como uréia.

Moura et al. (2006) comentaram que as rações práticas utilizadas no Brasil são formuladas à base de milho e farelo de soja de maneira a atender à exigência dos animais em lisina, resultam quase sempre, em rações com níveis protéicos acima das

necessidades dos animais e quantidades excessivas de alguns aminoácidos. Este excesso de proteína e aminoácidos, ao serem catabolizados, provocam sobrecarga, principalmente no fígado e nos rins, no processo de eliminação de nitrogênio, influenciando negativamente os índices de produtividade do rebanho. Segundo (Henry 1996) cada redução de 0,10 na conversão alimentar implica na redução de 3% na excreção de N, evidenciando a importância da adequada formulação das rações como maneira prática de melhorar o desempenho animal e reduzir a poluição ambiental.

O catabolismo do excesso de proteína e aminoácidos conduz a um aumento na produção de calor corpóreo, fato este que pode ocasionar a diminuição do consumo de alimentos e, a consequente ingestão de menor quantidade de outros nutrientes indispensáveis à produção. Esta constatação é de suma importância em regiões de clima quente, pois, a redução do nível protéico das rações com adequada suplementação com aminoácidos sintéticos, pode ser uma ferramenta interessante na diminuição do incremento calórico dos animais.

Formulações executadas obedecendo-se o conceito de proteína ideal evitam excessos ou desbalanceamento dos aminoácidos, melhoram assim, a eficiência de absorção e diminuem a necessidade metabólica de conversão desses nutrientes em gordura que seria depositada na carcaça.

A suplementação de aminoácidos sintéticos em rações para suínos contribui para redução de parte do alimento protéico, reduzindo o custo das rações sem comprometer o desempenho dos animais. Contudo, quando o teor de proteína da dieta é diminuído, a correta proporção entre os aminoácidos torna-se ainda mais importante.

Neste sentido, Honeyman (1996), citou que o conteúdo de nutrientes das excretas de suínos pode ser alterado por meio da manipulação da composição das dietas,

com a formulação baseada em aminoácidos digestíveis e fósforo disponível, como também pela utilização de aminoácidos cristalinos e adição de enzimas exógenas.

Embora a suplementação com aminoácidos em rações, com reduzido teor de proteína bruta, ocasione pouca ou nenhuma alteração na digestibilidade do nitrogênio, a excreção de N urinário diminui, podendo aumentar a retenção para nível semelhante aos suínos recebendo rações com teores mais elevados de proteína (KERR & EASTER, 1995).

Com base nas necessidades dietéticas para o balanço de nitrogênio ou crescimento, os aminoácidos são tradicionalmente classificados como nutricionalmente essenciais ou não essenciais (WU, 2009).

A exigência nutricional por aminoácidos é resultado da combinação da necessidade líquida para deposição de proteína e a necessidade para manutenção, a fração das necessidades relativas a manutenção é resultado da excreção de metabólitos não modificados ou não digeridos, oxidação de aminoácidos e perda endógena de aminoácidos associadas ao *turnover* do tecido da mucosa gastrointestinal (HAHN & BAKER, 1995).

Oliveira et al. (2005) afirmaram que a diminuição do nível de proteína bruta das dietas conduz a uma diminuição significativa da excreção de nitrogênio urinário e que isto é perfeitamente justificável pois, a urina é a principal forma de eliminação do nitrogênio em excesso no organismo dos suínos.

Diante do exposto, devem-se especificar as restrições para os níveis de proteína (mínimo e máximo) e os limites dos aminoácidos potencialmente limitantes ao desempenho animal tais como a lisina, a metionina (normalmente considerada junto com a cistina), a treonina e possivelmente o triptofano (COLE & SPRENT, 2001).

Zangeronimo et al. (2006) avaliando a redução do nível de proteína bruta da ração e a suplementação de aminoácidos sintéticos, segundo o conceito de proteína ideal, observaram redução de até 9% na excreção de nitrogênio na urina, sem que isto tenha afetado o desempenho e parâmetros fisiológicos. Por outro lado, Oliveira et al. (2006) observaram que, suínos alimentados com rações contendo 12, 14 e 16% de proteína atingiram o peso de abate, em média, três a cinco dias mais cedo do que os animais que consumiram ração com apenas 10% de PB não suplementada com aminoácidos e 10% de PB suplementada com aminoácidos, respectivamente. Observaram também que a redução do nível de proteína bruta das dietas levou a um aumento na quantidade de gordura corporal.

A retenção de nitrogênio varia entre as diversas categorias animais, assim Dourmad et al. (1999a) encontraram que a eficiência média de retenção de N foi menor nas porcas (23%), por outro lado quando os animais estão em fase de crescimento apresentam eficiência intermediária (34%) e leitões desmamados apresentam a melhor eficiência (48%). Frente a isto, os autores concluíram que a eficiência de utilização da proteína pelos suínos depende da composição da dieta e do estado fisiológico ou fase de crescimento dos animais.

Ensaio de digestibilidade envolvem a quantificação da ingestão de alimentos ou de um componente específico da dieta e a porção deste componente que foi excretada nas fezes, com estes valores é possível calcular a diferença entre o que foi ingerido e o excretado nas fezes. Em estudos de “balanço”, além da quantificação da ingestão e da excreção nas fezes, também devem ser quantificadas as perdas por via urinária, gasosa, produtos da concepção ou leite (ADEOLA, 2001).

Estudos com aminoácidos tem apresentado a lisina como referencial nutricional, por se tratar de um aminoácido de fácil análise, estritamente essencial, não sendo sintetizado pelos suínos. Ao mesmo tempo participa intensamente do crescimento dos tecidos, especialmente o muscular, possui exigência metabólica alta e não sofre transaminação, evitando, desta forma, qualquer modificação metabólica que possa interferir nas determinações de suas exigências (BERTECHINI, 2006).

A lisina é considerado o primeiro aminoácido limitante para suínos em crescimento, alimentados com rações baseadas em milho e farelo de soja (XUE et al., 1997). Entretanto, alguns autores relatam que, para expressarem todo o potencial de crescimento, machos inteiros necessitam de maior nível de lisina dietética que machos castrados (PRESCOTT & LAMMING, 1967; LUCE et al., 1976; WILLIAMS et al., 1984). Assim KIEFER et al. (2010) sugeriram que suínos machos não castrados de alto potencial genético, em fase de crescimento, exigem no mínimo 1,20% de lisina digestível na dieta para máximo desempenho.

De acordo com De La Llata (2002) a redução da inclusão do farelo de soja nas rações, com a utilização de lisina HCl, leva a diminuição nas concentrações de outros aminoácidos, assim a quantidade de L-lisina a ser adicionada em uma ração deve levar em consideração o segundo aminoácido limitante. Desta forma, em dietas baseadas em milho e farelo de soja, a metionina é potencialmente limitante durante a fase de crescimento (entre 30 e 70 kg), contudo, acima deste peso, a treonina ou o triptofano assumem papel de aminoácido potencialmente limitante.

Do ponto de vista ambiental, a redução do teor de proteína bruta da dieta mostra-se eficiente na redução do poder poluente dos dejetos, desde que tal redução esteja associada à correção dos níveis dos principais aminoácidos, em relação à lisina.

ZANGERONIMO et al. (2007) observaram redução importante na excreção de nitrogênio urinário quando reduziram o nível de PB das dietas de 18 para 16%. Porém, independente do nível de PB da dieta, o nível de 1,03% de lisina digestível na dieta foi o que proporcionou a menor excreção de nitrogênio urinário para leitões até 25 kg de peso vivo.

Avaliando o metabolismo do nitrogênio em suínos alimentados com dietas contendo baixos teores de proteína bruta, Oliveira et al. (2007) concluíram que a redução do teor de proteína da ração é uma alternativa eficiente para diminuir a quantidade de nitrogênio eliminado nas fezes e urina. Contudo, as rações com baixos teores de proteína propiciaram menor retenção de nitrogênio, em relação à dieta controle, mesmo quando suplementadas com aminoácidos sintéticos.

As necessidades de aminoácidos essenciais para suínos vêm sendo estudados em diversas pesquisas (somente o NRC, 1998 cita 109 trabalhos). Entretanto, as recomendações de relação treonina:lisina digestível para a fase de crescimento variam grandemente, sendo sugeridas relações 60% (NRC,1998), até 65% (ROSTAGNO et al., 2011).

3. Nitrogênio da Uréia Plasmática

Quando uma proteína é degradada, seus aminoácidos são liberados para um *pool* de aminoácidos livres no corpo. Os aminoácidos das proteínas dietéticas também fazem parte deste *pool*, estes aminoácidos livres podem seguir um, de três destinos possíveis: podem ser utilizados na formação de novas proteínas; podem servir para a formação de

compostos protéicos essenciais (ex.: compostos heme, DNA, RNA) ou serem oxidados para produção de energia. Entretanto, antes dos aminoácidos serem oxidados, seus átomos de nitrogênio são removidos formando amônia, que é tóxica ao corpo. No fígado a amônia e os grupamentos amino (remanescentes dos aminoácidos) são convertidos a uréia e assim rapidamente excretados via urina (MARKS et al., 1996).

Os aminoácidos são acumulados como proteína corporal somente após serem digeridos e absorvidos no intestino delgado. Ao escapar da digestão no intestino delgado e entrar no intestino grosso, são divididos em amônia e ácidos graxos voláteis, pela ação dos microrganismos. A amônia é o principal composto nitrogenado absorvido no intestino grosso e a maior parte é convertida em uréia no fígado e, embora uma parte desta amônia circulante retorne ao ceco e seja utilizada pelos microrganismos, posteriormente ela é eliminada através do sistema renal (KIM et al., 2009).

A concentração de nitrogênio da uréia plasmática (NUP) aumenta com a diminuição da qualidade dietética da proteína utilizada e, apesar de o método para determinação da concentração de NUP já ser conhecido há quase cem anos (MARSHALL Jr., 1913), somente a partir da década de 70, com o desenvolvimento de melhores técnicas e equipamentos (MARSH et al., 1965) é que esta relação inversa passou a ser utilizada para determinar as exigências em aminoácidos, primeiramente em humanos (TAYLOR, 1974) e, rapidamente a técnica foi utilizada por pesquisadores de nutrição animal (BROWN & CLINE, 1974).

A treonina é um importante componente das gama globulinas plasmáticas em suínos, aves, coelhos e humanos. Neste sentido, Defa et al. (1999) avaliando as concentrações plasmáticas de imunoglobulinas (Ig) em suínos alimentados com rações contendo diferentes níveis de treonina dietética, verificaram que as concentrações de

IgG aumentaram com o incremento da treonina dietética. Os autores sugeriram que o nível de treonina necessário para maximizar a resposta imune é maior que o nível necessário para máximo ganho de peso. Além disso, a suplementação com treonina é importante por favorecer a produção das mucinas do trato digestório, pois, cerca de 18% da mucina produzida no intestino delgado de suínos corresponde a fração protéica e a treonina representa em torno de 28% desta fração (MONTAGNE & LALLES, 2000).

O metabolismo do nitrogênio apresenta resposta muito rápida às alterações nas concentrações de aminoácidos dietéticos, esta resposta permite a utilização dos valores de concentração do nitrogênio da uréia plasmática (NUP) obtidos em ensaios de curta duração, para estimar de forma bastante precisa a quantidade de aminoácidos dietéticos necessários para maximizar a utilização de nitrogênio por suínos (COMA et al., 1995).

Apesar de os ensaios de balanço de nitrogênio serem rápidos, os testes com NUP são ainda mais rápidos, sendo necessário o fornecimento das dietas teste por somente 2 dias antes que os resultados possam ser obtidos nas amostras de sangue (PEDERSEN et al., 2003).

Knowles et al. (1998) e Pedersen et al. (2003) encontraram boas correlações entre o NUP e os ensaios de desempenho. Ao contrário dos ensaios de desempenho, os métodos baseados em NUP e balanço de nitrogênio têm a vantagem de serem capazes para testar as necessidades em aminoácidos, e suas mudanças durante o crescimento dos animais, utilizando-se poucos animais e intervalo de tempo bastante reduzido.

Com o advento da imunocastração, método alternativo ao de castração cirúrgica tradicional, o interesse pela produção de suínos machos não castrados vem aumentando progressivamente no Brasil, fato que está relacionado com a superioridade destes animais em relação aos castrados (FÁVERO, 2001).

Comparando machos castrados e machos não castrados, alimentados com dietas contendo relação TRE:LIS 65%, Holmes et al. (1980) observaram consistentes diferenças nos resultados do balanço de nitrogênio sendo que, machos não castrados apresentaram maior retenção de nitrogênio aos 30 Kg e também aos 90 Kg de peso vivo.

Para a determinação de um aminoácido individual em relação à lisina, é importante que os animais sejam alimentados com dietas limitantes em lisina (KNOWLES et al., 1998; PEDERSEN et al., 2003). Neste sentido Wiltafsky et al. (2009), descreveram que é necessário gerar dietas em que o primeiro aminoácido limitante seja o objeto do estudo e o segundo seja a lisina e para garantir o fornecimento suficiente de todos os outros aminoácidos, a composição das dietas experimentais deve ser otimizada com base em aminoácidos digestíveis, expressos como relação à lisina digestível.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADEOLA, O. Digestion and balance techniques in pigs. In: LEWIS, A.J.; SOUTHERN, L.L. **Swine nutrition**. 2nd ed. Boca Raton: CRC, 2001. p.903-916.

BERTECHINI, A.G. **Nutrição de Monogástricos**. Lavras:UFLA, 2006. 301p.

BROWN, J.A.; CLINE, T.R. Urea excretion in the pig: an indicator of protein quality and amino acid requirements. **The Journal of Nutrition**, v.104, p. 542-545, 1974. Disponível em <http://jn.nutrition.org/content/104/5/542.full.pdf+html?sid=409be962-4b89-4d13-a699-d6061f87f735>. Acessado em 13/09/2010.

COLE, M.; SPRENT, M. Protein and Amino Acid Requirements of Weaner Pigs. In: Varley, M.A. & Wiseman, J. **The weaner pig**. CABI Publishing, 2001. p. 45-63.

COMA, J.; CARRION, D.; ZIMMERMAN, D.R. Use of plasma urea nitrogen as a rapid response criterion to determine the lysine requirement of pigs. **Journal of Animal Science**. v.73, p.472-481, 1995.

DEFA, L.; CHANGTING, X.; SHIYAN, Q. et al. Effects of dietary threonine on performance, plasma parameters and immune function of growing pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v.78, p.179-188, 1999.

DE LA LLATA, M.; DRITZ, S.S.; TOKACH, M.D. et al. Effects of increasing L-lysine HCl in corn- or sorghum-soybean meal-based diets on growth performance and carcass characteristics of growing-finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v.80, n.9, p.2420-2432, 2002.

DE ROUCHEY, J.M.; DRITZ, S.S.; GOODBAND, R.D. et al. General nutrition principles for swine. 2007. Disponível em <<http://www.ksre.ksu.edu/library/lvstk2/MF2298.pdf>>, acessado em 03/04/2010.

DOURMAD, J.Y., GUINGAND, N., LATIMIER, P. et al. Nitrogen and phosphorus consumption, utilisation and losses in pig production: France. **Livestock Production Science**, v.58, n.3, p.199–211, 1999a.

DOURMAD, J.Y., SÈVE, B., LATIMIER, P., et al. Nitrogen consumption, utilisation and losses in pig production in France, The Netherlands and Denmark. **Livestock Production Science**, v.58, n.3, p.261-264, 1999b.

FAO, Food Outlook – Global Market Analysis – junho 2010. Disponível em <<http://www.fao.org/docrep/012/ak349e/ak349e00.pdf>>, acessado em 30/1/2012.

FÁVERO, J.A. Abate de suínos machos inteiros – visão brasileira. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL VIRTUAL SOBRE QUALIDADE DE CARNE SUÍNA, 2001, Concórdia. **Anais...** Santa Catarina: EMBRAPA, 2001. p.212-220, 2001.

GRELA, E.R.; KOWALCZUK-VASILEV, E. Influence of digestible crude protein reduction and amino acids additive in growing pigs' diets on their performance and nitrogen balance. **Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska**, Lublin – Polonia, v. 28 (1) SECTIO EE, DOI: 10.2478/v10083-010-0001-2, 2010.

HAHN, J.D.; BAKER, D.H. Optimum ratio to lysine of threonine, tryptophan, and sulphur amino acids for finishing swine. **Journal of Animal Science**. v.73, p.482–489, 1995.

HENRY, Y. Proceedings of the 14Th International Pig Veterinary Society Congress, 1996. Proceedings... 1996. p.45-50.

HOLMES, C.W.; CARR, J.R.; PEARSON, G. Some aspects of the energy and nitrogen metabolism of boars, gilts and barrows given diets containing different concentrations of protein. **Journal of Animal Production**, v.31, p.279- 289, 1980.

HONEYMAN, M.S. Sustainability Issues of U.S. Swine Production. **Journal of Animal Science**, v.74, p.1410-1417, 1996

KERR, B.J.; EASTER, R.A. Effect of feeding reduced protein, amino acid supplemented diets on nitrogen and energy balance in grower pigs. **Journal of Animal Science**, v.73, p.3000-3008, 1995.

KIEFER, C.; DONZELE, J.L.; OLIVEIRA, R.F.M. de. Lisina digestível para machos suínos não castrados de alto potencial genético em fase de crescimento. **Ciência Rural**, Online, v.40, n.7, p.1630-1635, 2010.

KIM, J.C.; MULLAN, B.P.; HEO, J.M. et al. Decreasing dietary particle size of lupins increases apparent ileal amino acid digestibility and alters fermentation characteristics in the gastrointestinal tract of pigs. **British Journal of Nutrition**, v.102, p.350–360, 2009.

KNOWLES, T.A.; SOUTHERN, L.L.; BIDNER, T.D. Ratio of total sulfur amino acids to lysine for finishing pigs. **Journal of Animal Science**. v.76, p.1081-1090, 1998.

LUCE, W.G.; JOHNSON, R.K.; WALTERS, L.E. Effects of levels of crude protein on performance of growing boars. **Journal of Animal Science**. v.42, p.1207–1210, 1976.

LOVATTO, P.A.; HAUSCHILD, L.; HAUPTLI, L. et al. Modelagem da Ingestão, Retenção e Excreção de Nitrogênio e Fósforo pela Suinocultura Brasileira. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, p.2348-2354, 2005 (supl.).

MARKS, D.B.; MARKS, A.D.; SMITH, C.M. Fate of Amino Acid Nitrogen: Urea Cycle. In: **Basic Medical Biochemistry: A Clinical Approach**. Baltimore, Williams & Wilkins, 1996. p.697-711.

MARSH, W.H.; FINGERHUT, B.; MILLER, H. Automated and manual direct methods for determination of the determination of blood urea. **Clinical Chemistry**, v.11, n.6, p.624-627, 1965.

MARSHAL Jr., E.K. A new method for the determination of urea in blood. **The Journal of Biological Chemistry**, v.15, p.487-489, 1913. Disponível em <http://www.jbc.org/search?author1=&fulltext=&pubdate_year=1913&volume=&firstpage=487&submit=yes> acessado em 06/01/2012.

MONTAGNE, L.; LALLES J.P. Digestion des matières azotées végétales chez le veau préruminant. Quantification des matières azotées endogènes et importance des mucines. **INRA Production Animal**, v.13 n.5, p.315-324, 2000.

MOURA, J.O.; BRUSTOLINI, P.C.; SILVA, F.C.O.; et al. Exigências de aminoácidos sulfurados digestíveis para suínos machos castrados e fêmeas de 15 a 30 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.3, p.1085-1090, 2006 (supl.).

NRC. 1998. Nutrient Requirements for Swine. 10ed. National Academy Press, Washington, DC.

OLIVEIRA, V.; FIALHO, E.T.; LIMA, J.A. de F. et al. Teor de proteína no metabolismo do nitrogênio e da energia em suínos durante o crescimento. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v.29, n.4, p. 866-874, 2005.

OLIVEIRA, V.; FIALHO, E.T.; LIMA, J.A. de F. et al. Desempenho e composição corporal de suínos alimentados com rações com baixos teores de proteína bruta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.12, p.1775-1780, 2006.

OLIVEIRA, V.; FIALHO, E.T.; LIMA, J.A. de F. et al. Metabolismo do nitrogênio em suínos alimentados com dietas contendo baixos teores de proteína bruta. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.13, n.2, p.257-260, 2007.

PEDERSEN, C.; LINDBERG, J.E.; BOISEN, S. Determination of the optimal dietary threonine:lysine ratio for finishing pigs using three different methods. **Livestock Production Science**, v.82, p.233–243, 2003.

PRESCOTT, J.H.D. & LAMMING, G.E. The influence of castration on the growth of male pigs in relation to high levels of dietary protein. **Animal Production**. v.9, p.535–545, 1967.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3. ed. – Viçosa, MG: UFV, DZO, 2011, 252p

ROPPA, L. Perspectivas da produção Mundial de carnes, 2007 a 2015. 2009. Disponível em <http://pt.engormix.com/MA-pecuaria-corte/artigos/perspectivas-producao-mundial-carnes_140.htm>. Acessado em 16/8/2010.

TAMMINGA, S. Pollution due to nutrient losses and its control in European animal production. **Livestock Production Science**. v.84, p. 101-111, 2003. Disponível em

<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301622603002306>>. Acessado em 16/8/2011

TAYLOR, Y.S.M.; SCRIMSHAW, N.S. & YOUNG, V.R. The relationship between serum urea levels and dietary nitrogen utilization in young men. **British Journal of Nutrition**, v.32, p.407-411, 1974. Disponível em http://journals.cambridge.org/download.php?file=%2FBJN%2FBJN32_02%2FS0007114574000936a.pdf&code=fcc4d642b63fce31bb451e4f5abcf862. Acessado em 05/01/2012.

WILLIAMS, W.D.; CROMWELL, G.L.; STAHLY, T.S. et al. The lysine requirement of the growing boar versus barrow. **Journal of Animal Science**. v.58, p.657–665, 1984.

WILTAFSKY, M.K.; SCHMIDTLEIN, B. & ROTH, F.X. Estimates of the optimum dietary ratio of standardized ileal digestible valine to lysine for eight to twenty-five kilograms of body weight pigs. **Journal of Animal Science**. v.87, p.2544–2553, 2009.

WU, GUOYAO Amino acids: metabolism, functions, and nutrition. **Amino acids**, v.37, p.1-17, 2009.

XUE, J.L.; DIAL, G.D.; PETTIGREW, J.E. Performance, carcass and meat quality advantages of boars over barrows: A literature review. **Swine Health Production**. v.1, p.21–28, 1997.

ZANGERONIMO, M.G.; FIALHO, E.T.; LIMA, J.A.F. et al. Redução do nível de proteína bruta da ração com suplementação de aminoácidos sintéticos para leitões na fase inicial. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.3, p.849-856, 2006.

ZANGERONIMO, M.G.; FIALHO, E.T.; MURGAS, L.D.S. et al. Desempenho e excreção de nitrogênio de leitões dos 9 aos 25 kg alimentados com dietas com diferentes níveis de lisina digestível e proteína bruta. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.5, p.1382-1387, 2007.

CAPÍTULO 2

Relação Treonina digestível x lisina digestível para suínos machos não castrados (30 a 50kg)

Relação treonina x lisina digestível para
suínos machos não castrados (30 a 50 Kg)

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo quantificar o balanço de nitrogênio e o NUP em suínos machos não castrados entre 30 e 50 kg de peso vivo, alimentados com rações com diferentes relações treonina:lisina digestível (TRE:LIS). O trabalho foi desenvolvido no setor de suinocultura da Universidade Federal de Viçosa – Minas Gerais, tendo iniciado na segunda quinzena de outubro de 2012. Foram utilizados 20 suínos machos não castrados, híbridos comerciais com elevado potencial de produção de carne magra durante a fase de crescimento, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado a cinco tratamentos (relações TRE:LIS 57; 61; 65; 69 e 73%) e quatro repetições. O nível de lisina digestível utilizado nas dietas foi 1,1%. Para a quantificação do balanço de nitrogênio foi utilizado o método de coleta total de excretas e, ao final do experimento, foram coletadas amostras de sangue, via punção no sinus orbital, para a determinação do nitrogênio da uréia plasmática – NUP. Os resultados obtidos para balanço de nitrogênio e NUP foram submetidos ao procedimento PROC GLM do SAS (2001) para análise de regressão linear e quadrática. A mudança nas relações TRE:LIS levou a um efeito linear negativo sobre a proteína bruta fecal (PB_{fecal}) e efeito quadrático sobre os resultados da proteína bruta retida (PB_{retida}), nos animais criados entre 30 e 50 kg de peso vivo. O consumo de ração (CR), a proteína bruta ingerida (PB_{ingerida}), proteína bruta digerida (PB_{digerida}), proteína bruta excretada na urina (PB_{urina}), proteína bruta excretada total ($PB_{\text{excretada total}}$), proteína bruta digestível ($PB_{\text{digestível}}$), proteína bruta digestível aparente das rações ($PB_{\text{digestívelap das rações}}$), a utilização líquida da proteína (ULP), o valor biológico da proteína dietética (VBPD) e o NUP não foram influenciados pelas relações TRE:LIS. A relação THR:LYS 64,00% foi a que proporcionou a maior quantidade de PB_{retida} para suínos machos não castrados entre 30 e 50 kg de peso vivo.

Palavras-chave: aminoácidos digestíveis, balanço de nitrogênio, NUP, machos inteiros

Digestible threonine x lysine ratio for intact
male pigs (30 to 50 Kg)

ABSTRACT

This study aimed to quantify the nitrogen balance and plasma urea nitrogen (PUN) in uncastrated male pigs between 30 and 50 kg live weight, fed diets with different digestible threonine:lysine ratios (THR:LYS). The work was developed in the pig Animal Science Department from Federal University of Viçosa - Minas Gerais, having started October 09, 2012. Were used 20 high-lean commercial crossbreed intact male pigs, during the fattening, distributed in a completely randomized design with five treatments and four replicates. THR:LYS ratios were 57, 61, 65, 69 and 72%. To quantify the nitrogen balance, total collection of excreta method were used and, at the end of the experiment blood samples were collected via *orbital sinus* puncture for determination of PUN. The digestible lysine levels used were 1.1%. The results obtained for nitrogen and PUN were subjected to PROC GLM of SAS (2001) for linear and quadratic regression. The change in relations THR:LYS led to a negative linear effect on fecal crude protein ($_{\text{fecal}}\text{CP}$) and quadratic effect on retained crude protein ($_{\text{retained}}\text{CP}$) in animals raised from 30 to 50 kg live weight. The feed intake (FI), crude protein intake ($_{\text{CPintake}}$), digested crude protein ($_{\text{digested}}\text{CP}$), crude protein excreted in the urine (UCP), total excreted crude protein (TECP), digestible crude protein ($_{\text{digestible}}\text{CP}$), digestible apparent crude protein of rations (DCPR), the net protein utilization (ULP), biological value of feed protein (VBPD) and plasma urea nitrogen (NUP) were not influenced by THR:LYS ratios. The THR:LYS ratio 64.0% was the one that provided the largest quantity of $_{\text{retained}}\text{CP}$ for fattening pigs (30 and 50 kg live weight).

Keywords: digestible amino-acids, nitrogen balance, PUN, boars

1. INTRODUÇÃO

A maior parte das rações práticas utilizadas por suinocultores no Brasil são formuladas à base de milho e farelo de soja de maneira a atender à exigência dos animais em lisina, fato este que comumente resulta em rações com níveis protéicos acima das necessidades dos animais e contendo quantidades excessivas de alguns aminoácidos ou insuficientes de outros.

Falhas no balanceamento das dietas conduzem a menor retenção de nitrogênio pelos animais com conseqüente elevação na excreção de nitrogênio para o meio ambiente, piorando, desta forma, significativamente o desempenho econômico de empresas produtoras de carne suína.

Objetivando melhorar a utilização dos nutrientes e diminuir a poluição ambiental, os potenciais desequilíbrios devem ser conhecidos e corrigidos. A poluição por nitrogênio é uma das grandes preocupações da sociedade atualmente, pois, o excesso excretado pelos animais pode poluir não somente as águas, como também o ar. O conceito de “proteína ideal” e a utilização de aminoácidos sintéticos podem potencialmente reduzir a excreção de nitrogênio em até 40% (NAHM, 2007).

A treonina é um aminoácido limitante em muitos grãos de cereais (GABERT et al, 2001) e, como agravante, há o fato de que a sua disponibilidade em ingredientes de rações para suínos, como o farelo de soja, ser relativamente baixa em relação aos demais aminoácidos (KOVAR et al., 1993; ADEOLA et al., 1994).

Desta forma, considerando a pequena disponibilidade de informações em relação à exigência em aminoácidos para suínos machos não castrados em fase de crescimento, o objetivo deste trabalho foi avaliar a utilização de rações formuladas com

diferentes relações treonina:lisina digestíveis (TRE:LIS), para suínos machos não castrados entre 30 e 50kg de peso vivo e sua influência sobre o balanço de nitrogênio e níveis nitrogênio da uréia plasmático (NUP) ao final do ensaio de metabolismo.

2. METODOLOGIA

O experimento foi conduzido no Setor de Suinocultura do campus da Universidade Federal de Viçosa – Minas Gerais tendo sido avaliado e aprovado pela comissão de ética para uso de animais da Universidade Federal de Viçosa, conforme processo N. 014/2011.

O início do período de adaptação deu-se em 09 de outubro de 2010. As temperaturas mínimas e máximas médias, registradas dentro do galpão experimental, durante a execução do experimento variaram entre $21,7 \pm 3,1$ e $22,5 \pm 3,0^{\circ}\text{C}$ respectivamente.

Foram utilizados 20 suínos machos não-castrados, híbridos comerciais com elevado potencial de produção de carne magra, com peso médio inicial de 29,87 kg, distribuídos em delineamento experimental inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e quatro repetições (um animal por repetição). O peso médio dos animais ao início do experimento foi utilizado como covariável na realização das análises estatísticas.

As dietas experimentais (Tabela 1) foram formuladas com base no conceito de proteína ideal (CHUNG & BAKER, 1992) e suplementadas com minerais e vitaminas de acordo com as exigências preconizadas por Rostagno *et al.* (2005) exceto, porém, o nível de lisina digestível, que foi de 1,10% (valor cerca de 10% inferior ao sugerido por Kieffer *et al.*, (2010) para machos não castrados). Os tratamentos consistiram dos níveis

0,627; 0,671; 0,715; 0,759 e 0,803% de treonina digestível, correspondentes às relações 57; 61; 65; 69 e 73% de treonina digestível:lisina digestível (TRE:LIS), respectivamente, obtidas a partir de uma ração basal, suplementada com L-treonina.

Os animais foram alojados em gaiolas de metabolismo (PEKAS, 1968 – Figura 1), sendo submetidos a um período de seis dias de adaptação às rações, gaiolas, ambiente e manejo alimentar, seguidos por cinco dias de coleta total de excretas.

Tabela 1 - Composição das rações experimentais

| ITEMS | Relação treonina:lisina | | | | |
|---------------------------------|-------------------------|--------|--------|--------|--------|
| | 57 | 61 | 65 | 69 | 73 |
| Milho | 64,911 | 64,911 | 64,911 | 64,911 | 64,911 |
| Soja Farelo | 30,304 | 30,304 | 30,304 | 30,304 | 30,304 |
| Fosfato bicálcico | 1,203 | 1,203 | 1,203 | 1,203 | 1,203 |
| Óleo de soja | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| Calcário | 0,563 | 0,563 | 0,563 | 0,563 | 0,563 |
| Celite | 0,500 | 0,500 | 0,500 | 0,500 | 0,500 |
| Amido | 0,500 | 0,455 | 0,410 | 0,365 | 0,320 |
| Sal comum | 0,353 | 0,353 | 0,353 | 0,353 | 0,353 |
| L-Lisina HCl, 99% | 0,291 | 0,291 | 0,291 | 0,291 | 0,291 |
| DL-Metionina, 99% | 0,100 | 0,100 | 0,100 | 0,100 | 0,100 |
| L-Triptofano, 98% | 0,026 | 0,026 | 0,026 | 0,026 | 0,026 |
| L-Treonina, 98% | 0,000 | 0,045 | 0,090 | 0,135 | 0,180 |
| Cloreto de Colina 60% | 0,100 | 0,100 | 0,100 | 0,100 | 0,100 |
| Mistura Mineral ¹ | 0,050 | 0,050 | 0,050 | 0,050 | 0,050 |
| Mistura Vitamínica ² | 0,100 | 0,100 | 0,100 | 0,100 | 0,100 |
| TOTAL | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| Composição Calculada | | | | | |
| Energia Metabolizável kcal/kg. | 3230 | 3230 | 3230 | 3230 | 3230 |
| Proteína bruta, % | 19,425 | 19,425 | 19,425 | 19,425 | 19,425 |
| Cálcio, % | 0,631 | 0,631 | 0,631 | 0,631 | 0,631 |
| Fósforo disponível, % | 0,332 | 0,332 | 0,332 | 0,332 | 0,332 |
| Lisina digestível, % | 1,100 | 1,100 | 1,100 | 1,100 | 1,100 |
| Treonina digestível, % | 0,627 | 0,671 | 0,715 | 0,759 | 0,803 |
| Metionina digestível, % | 0,382 | 0,382 | 0,382 | 0,382 | 0,382 |
| Met + cis digestível, % | 0,660 | 0,660 | 0,660 | 0,660 | 0,660 |
| Triptofano digestível, % | 0,231 | 0,231 | 0,231 | 0,231 | 0,231 |
| Valina digestível, % | 0,781 | 0,781 | 0,781 | 0,781 | 0,781 |
| Sódio % | 0,180 | 0,180 | 0,180 | 0,180 | 0,180 |
| Cloro % | 0,246 | 0,246 | 0,246 | 0,246 | 0,246 |

¹Níveis de garantia por kg do produto: Co – 460 mg; Cu – 20 g; Fe – 100 g; I – 1000 mg; Mn – 70 g; Se – 400 mg; Zn – 100 g.

²Níveis de garantia por kg do produto: Vit. A – 7.800.000 UI; Vit. D3 – 2.150.000 UI; Vit. E – 25.760 UI; Vit. K3 – 4.000 mg; Vit. B1 – 3.000 mg; Vit. B2 – 7.320 mg; Vit. B6 – 1.560 mg; Vit. B12 – 30.000 mcg; Pantotenato de Cálcio – 19.700 mg; Niacina – 35.130 mg; Biotina – 43 mg; Ácido Fólico – 765 mg; Selênio – 250 mg; BHT – 5.000 mg.



Figura 1. Instalações – Gaiolas de metabolismo

Durante o período de adaptação a ração foi fornecida em quantidade superior à necessária para a satisfação dos animais e, após cerca de 40 minutos as sobras eram pesadas para a quantificação da quantidade de ração ingerida. Durante o período de coleta a quantidade de ração fornecida a cada animal (CR) foi definida como base no peso metabólico ($\text{kg}^{0,75}$) de cada suíno e o consumo médio registrado no período de adaptação, conforme descrito por Sakomura & Rostagno (2007). Os arraçoamentos foram realizados às 08:00h e às 15:00h, sendo fornecidos 50% do total de ração pela manhã e os 50% restantes no período da tarde, a ração ofertada era misturada com água (1:1) para evitar as perdas.

Utilizou-se o óxido de ferro (Fe_3O_2) como marcador fecal, adicionado à ração de 2% à quantidade de ração ofertada a cada animal, como indicação do dia inicial do período de coleta. Durante este período, após a pesagem da quantidade total de fezes (por animal), uma vez ao dia, uma amostra representativa foi coletada, acondicionada em sacos plásticos e armazenada em freezer (-18°C) para serem analisadas posteriormente.

O volume total de urina produzida pelos animais foi coletada em baldes plásticos, contendo 10 mL de HCl 1:1 (para evitar a proliferação bacteriana e possíveis perdas por volatilização); uma vez ao dia este volume foi medido e dele retirada uma sub-amostra, devidamente armazenada em recipiente de vidro, que permaneceu armazenado em geladeira até o momento das análises.

As amostras de fezes, urina e das rações foram analisadas, quanto para a determinação da composição em matéria seca e nitrogênio, no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa. As análises foram executadas segundo as metodologias descritas por Silva & Queiroz (2002).

Os valores de proteína bruta ingerida (PB Ingerida g/dia), proteína bruta excretada nas fezes (PB Fezes g/dia) e excretada na urina (PB Urina g/dia) foram obtidos a partir dos teores de proteína bruta analisados nas rações, nas fezes e urina. A partir destes valores foram calculados a proteína bruta digerida (PB Ingerida – PB Fezes g/dia); a digestibilidade da PB ($PB_{digest} = (PB \text{ digerida}/PB \text{ ingerida}) * 100 \%$); a proteína bruta retida (PB Retida = PB digerida – PB Urina g/dia); a utilização líquida de proteína (ULP = $(PBR/PB \text{ Ingerida}) * 100 \%$) e o valor biológico da proteína dietética (VBPD = $(PBR/PB \text{ digerida}) * 100 \%$) segundo Adeola (2001).

Para os valores de proteína bruta digestível aparente das rações foram executados os cálculos conforme sugerido por Sakomura & Rostagno (2007): $PB_{digestível_{ap}} = [(PB \text{ ingerida} - PB \text{ Fezes})/CR] * 100 \%$.

Ao final do período de coleta os animais foram submetidos a jejum de 6 horas, para então serem coletadas amostras de sangue, via punção no sinus orbital (Figura 2), de acordo com o procedimento descrito por Friend & Brown (1971). As amostras de sangue foram enviadas ao Laboratório de Biofármacos (UFV) para a determinação do

nitrogênio da uréia plasmática - NUP (MARSH et al., 1965), sendo as concentrações de nitrogênio da uréia plasmática (NUP) determinadas por meio de método enzimático utilizando-se o Bioclin Kit 047 (Anvisa nº 10269360101).

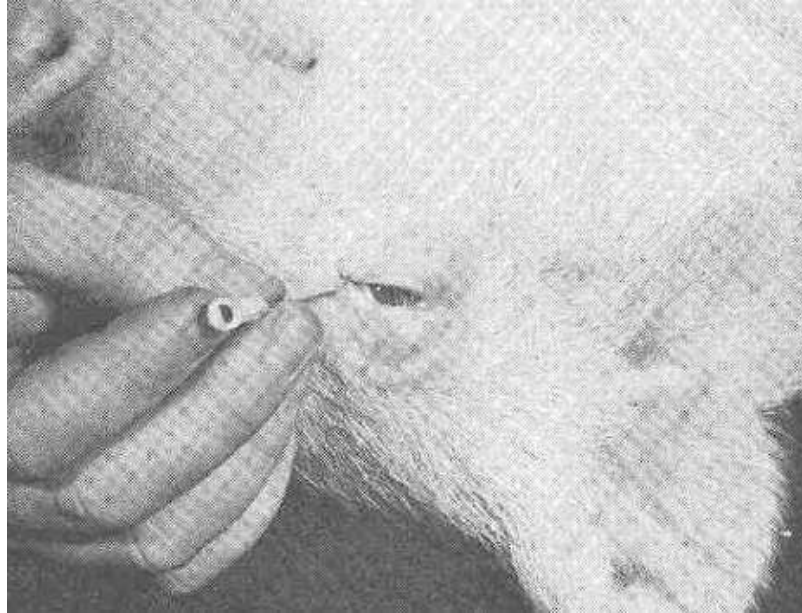


Figura 2. Ponto de inserção da agulha para coleta de sangue no *sinus orbital* (FRIEND & BROWN, 1971).

Os resultados obtidos foram submetidos ao procedimento PROC GLM do SAS (2001) para análise de regressão linear e quadrática. No caso das variáveis que apresentaram efeito quadrático, as equações obtidas foram derivadas para obtenção do ponto de máximo ou de mínimo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de consumo de ração (CR), proteína bruta (PB) ingerida, PB fecal, PB digerida, PB da urina, PB excretada total, PB retida, PB digestível, PB digestível

aparente da ração, utilização líquida da proteína (ULP), valor biológico da proteína dietética (VBPD) e nitrogênio da ureia plasmática (NUP) são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Consumo de ração (CR), proteína bruta (PB) ingerida, PB fecal, PB digerida, PB da urina, PB excretada total, PB retida, PB digestível, PB digestível aparente da ração, utilização líquida da proteína (ULP), valor biológico da proteína dietética (VBPD) e nitrogênio da ureia plasmática (NUP) de suínos em crescimento (30 a 50kg)

| | Relação TRE:LIS (%) | | | | | Média ± DP | Cv ¹ | Efeito ² |
|---------------------------------------|---------------------|--------|--------|--------|--------|---------------|-----------------|---------------------|
| | 57 | 61 | 65 | 69 | 73 | | | |
| CR (g/dia) | 825 | 824 | 830 | 825 | 818 | 824,4 ± 39,09 | 4,74 | NS |
| PB Ingerida (g/dia) | 152,52 | 149,35 | 153,62 | 157,55 | 144,14 | 151,44 ± 8,49 | 5,61 | NS |
| PB Fecal (g/dia) | 21,83 | 17,61 | 21,05 | 19,20 | 15,63 | 19,06 ± 3,79 | 19,88 | L (p<0,0886) |
| PB digerida (g/dia) | 130,66 | 131,74 | 132,58 | 138,36 | 128,54 | 132,37 ± 6,61 | 4,99 | NS |
| PB Urina (g/dia) | 50,19 | 52,75 | 50,36 | 50,72 | 57,30 | 52,26 ± 7,83 | 14,99 | NS |
| PB Excretada total (g/dia) | 72,00 | 70,36 | 71,41 | 69,92 | 72,93 | 71,32 ± 8,14 | 11,41 | NS |
| PB Retida (g/dia) | 80,49 | 78,97 | 82,23 | 87,63 | 71,22 | 80,11 ± 8,23 | 10,27 | Q (p<0,0902) |
| PB digestível (%) | 85,73 | 88,20 | 86,35 | 87,90 | 89,23 | 87,48 ± 2,09 | 2,40 | NS |
| PB digestível _{ap} ração (%) | 15,85 | 15,98 | 15,98 | 16,79 | 15,73 | 16,06 ± 0,52 | 3,23 | NS |
| ULP (%) | 52,93 | 52,90 | 53,65 | 55,68 | 49,28 | 52,89 ± 4,84 | 9,16 | NS |
| VBPD (%) | 61,73 | 60,03 | 62,10 | 63,40 | 55,30 | 60,51 ± 5,69 | 9,41 | NS |
| NUP (mg/dl) | 23,47 | 25,00 | 24,84 | 20,64 | 26,19 | 24,03 ± 4,82 | 20,06 | NS |

¹Coefficiente de variação; ² Q = efeito quadrático, L = efeito linear, NS = não significativo.

PB Fecal = $36,58612 - 0,26962x$; PB retida = $- 421,51266 + 15,80290x - 0,12346x^2$

A alteração da relação TRE:LIS das rações, não interferiu nos valores de consumo de ração, proteína bruta ingerida, proteína bruta digerida, proteína bruta da urina, proteína bruta excretada total, proteína bruta digestível, proteína bruta digestível aparente das rações, utilização líquida da proteína, valor biológico da proteína dietética e nitrogênio da uréia plasmática.

Porém a quantidade de proteína bruta excretada nas fezes sofreu influencia linear decrescente com o aumento da relação TRE:LIS das rações e a proteína bruta retida apresentou comportamento quadrático. A derivação da equação para proteína bruta retida indica a relação TRE:LIS 64% como a que proporcionou maior retenção de proteína bruta. Este valor está em concordância ao encontrado por Paiano et al. (2008)

que também observaram efeito quadrático das relações TRE:LIS das rações e, estimaram que as rações contendo a relação TRE:LIS 64,2% proporcionaram a maior quantidade de proteína retida pelos suínos.

Berto et al. (2002) não observaram alteração no consumo de ração pelos animais quando alteraram as concentrações de treonina em relação à lisina, neste sentido, Bisinoto et al. (2007), sugeriram que o alto potencial genético de crescimento e a baixa ativação do sistema imunológico, proporcionado pelas boas condições sanitárias de criação, podem determinar o ótimo desempenho dos suínos, e, que em condições de maior desafio sanitário, normalmente, os animais respondem positivamente a níveis maiores de treonina na ração. Por outro lado, Chung & Baker (1992) e Defa et al. (1999) verificaram diminuição na ingestão de ração à medida que o conteúdo em treonina das dietas foi aumentado.

Paiano et al. (2009) trabalhando com machos castrados, não encontraram efeito significativo das relações TRE:LIS das rações sobre os teores de PB fecal, PB urinária e PB excretada total e nem sobre o VBPD. Contudo observaram efeito quadrático das relações TRE:LIS digestíveis sobre os valores de PB digerida, PB retida, NUP e ULP. O nível de lisina digestível utilizado (0,811%, cerca de 27% menor que o utilizado no atual trabalho) e, também, o fato de terem trabalhado com baixo nível de PB nas dietas (14,74%), pode ter proporcionado melhor visualização dos efeitos por este autores.

Monteiro et al. (2010) utilizando dietas baseadas em milho e farelo de soja, o valor de PB fecal excretada é, normalmente, cerca de 17% da quantidade de PB que foi ingerida, representando a fração não digerida da proteína ingerida e as perdas endógenas, particularmente as secreções digestivas e perda de células intestinais. No atual trabalho o valor médio de PB fecal foi 19,06 g/dia (12,59% da PB ingerida), com o

menor valor (10,84%) encontrado com a utilização da maior relação TRE:LIS (73%). A utilização de aminoácidos sintéticos (metionina, lisina, treonina e triptofano) e o nível de lisina digestível (1,1%) utilizado no atual trabalho podem ter contribuído para melhoria da digestibilidade da ração, fato este que, pode ter contribuído para a diminuição na excreção de proteína bruta fecal.

Paiano et al. (2008), trabalhando com rações com baixo teor em PB (14,7%), não verificaram alterações na quantidade de PB excretada na urina quando utilizaram dietas contendo maior teor em treonina, entretanto, o valor médio da PB excretada na urina (56,81%), encontrado por tais autores, foi 8,71% superior ao valor médio encontrado no presente trabalho, fato este que pode ser devido à utilização de nível maior de lisina digestível nas dietas e, obedecendo-se o conceito de proteína ideal, maiores quantidades de outros aminoácidos como treonina, metionina e triptofano, pode ter proporcionado melhor aproveitamento do nitrogênio das dietas.

O teor de nitrogênio da uréia plasmática (NUP) não sofreu influência significativa ($p > 0,05$) do aumento dos níveis de treonina das rações. Embora não tenha sido um parâmetro suficientemente sensível para estimar a relação TRE:LIS, foi constatado, neste experimento, redução de 16,91% no teor de NUP, entre as relações 65 e 69% e subsequente aumento de 26,89% entre as relações 69 e 73%, refletindo possível melhora na utilização da proteína da ração com a utilização da relação TRE:LIS = 69%. Este resultado está em consonância com Rodrigues et al. (2001) que também não observaram influência significativa das relações TRE:LIS sobre a concentração de NUP. Por outro lado, Pedersen et al. (2003) verificaram diferenças significativas nos valores de NUP quando alteraram a relação TRE:LIS de 58 para 70%.

Miller et al. (1998) sugeriu que são necessários pelo menos seis animais por tratamento para que as concentrações de NUP sejam consistentes e possam ser um parâmetro efetivo na determinação da exigência de proteína. Além disto as concentrações de NUP podem variar muito, mesmo em um grupo com estreita faixa de peso vivo e alimentados com a mesma dieta (WAGUESPACK et al., 2011).

4. CONCLUSÃO

A relação treonina:lisina digestível que proporcionou a maior retenção de proteína bruta para suínos machos não castrados com alto potencial genético na fase de crescimento entre 30 e 50 kg de peso vivo, foi 64,00% contudo quando o parâmetro observado foi a excreção de proteína bruta nas fezes a melhor relação é 73%.

Entretanto novas pesquisas devem ser produzidas com o intuito de validar os resultados aqui encontrados.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADEOLA, O.; LAWRENCE, B.V. & CLINE, T. R. Availability of amino acids for 10 to 20 kilogram pigs: lysine and threonine in soybean meal. **Journal of Animal Science**, v.72, p.2061-2067, 1994.

ADEOLA, O. Digestion and balance techniques in pigs. In: LEWIS, A.J.; SOUTHERN, L.L. **Swine nutrition**. 2nd ed. Boca Raton: CRC, 2001. p.903-916.

BERTO, D.A.; WECHSLER, F.S.; NORONHA, C.C. Exigências de Treonina de Leitões dos 7 aos 12 e dos 12 aos 23 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.3, p.1176-1183, 2002.

BISINOTO, K.S.; WECHSLER, F.S.; NORONHA, C.C. Exigências de treonina de leitões dos 7 aos 12 e dos 12 aos 23 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.3, p.1176-1183, 2002.

CHUNG, T., K. & BAKER, D., H. Ideal amino acid pattern for 10-kilogram pigs. **Journal of Animal Science**. v.70, p. 3102-3111, 1992.

DEFA, L.; CHANGTING, X.; SHIYAN, Q. et al. Effects of dietary threonine on performance, plasma parameters and immune function of growing pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v.78, p.179-188, 1999.

FRIEND, D.W. & BROWN, R.G. Blood sampling from suckling piglets. **Canadian Journal of Animal Science**. v.51, p.547-549, 1971.

GABERT, V.M.; JÓRGENSEN, H. & NYACHOTI, C.M. In: LEWIS, A.J.; SOUTHERN, L.L. **Swine nutrition**. 2nd ed. Boca Raton: CRC, 2001. p.161-197.

KIEFER, C.; DONZELE, J.L. & OLIVEIRA, R.F.M. de. Lisina digestível para machos suínos não castrados de alto potencial genético em fase de crescimento. **Ciência Rural**, Online, v.40, n.7, p.1630-1635, 2010.

KOVAR, J.L.; LEWIS, A. J.; RADKE, T. R. et al. Bioavailability of threonine in soybean meal for young pigs. **Journal of Animal Science**, v.71, p.2133-2139, 1993.

MARSH, W.H.; FINGERHUT, B.; MILLER, H. Automated and manual direct methods for determination of the determination of blood urea. **Clinical Chemistry**, v.11, n.6, p.624-627, 1965.

MILLER, P.S.; LEWIS, A. & CHEN, H-YI. Plasma Urea Can Be Used To Identify The Protein Requirements of Group-penned Finishing (130 to 220 lb) Barrows and Gilts Fed Corn-soybean Diets. 1998. Nebraska Swine Reports. Paper 154. Disponível em <http://digitalcommons.unl.edu/coopext_swine/154>. Acessado em 16/10/2011.

MONTEIRO, D.O.; PINHEIRO, V.M.C.; MOURÃO, J.L.M. Strategies for mitigation of nitrogen environmental impact from swin production. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.317-325, 2010 (supl. especial).

NAHM, K.H. Feed formulations to reduce N excretion and ammonia emission from poultry manure. **Bioresource Technology**, v.98, p. 2282–2300, 2007.

PAIANO, D.; MOREIRA, I.; FURLAN, A.C. et al. Relações treonina:lisina digestíveis e níveis de energia líquida para suínos em crescimento e terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.12, p.2147-2156, 2008.

PAIANO, D.; MOREIRA, I.; SILVESTREIN, N. et al. Relações treonina:lisina digestíveis para suínos na fase inicial, alimentados com rações de baixa proteína, calculadas de acordo com o conceito de energia líquida. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.61, n.1, p.211-218, 2009.

PEDERSEN, C.; LINDBERG, J.E.; BOISEN, S. Determination of the optimal dietary threonine:lysine ratio for finishing pigs using three different methods. **Livestock Production Science**, v.82, p.233–243, 2003.

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

RODRIGUES, N.E.B.; DONZELE, J.L.; OLIVEIRA, R.F.M. et al. Níveis de treonina em rações para leitões com alto potencial genético para a deposição de carne magra dos 30 aos 60 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.6, p.2039-2045, 2001.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2.ed. Viçosa:UFV, 2005. 186p.

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

SAS. 1999-2001.Statistical Analyses System, User's guide: statistics. Version 8, v.2. Cary.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**.3.ed. Viçosa: UFV, 2002. 235p.

WAGUESPACK, A.M.; POWELL, S.; ROUX, M.L. et al. Technical note: Effect of determining baseline plasma urea nitrogen concentrations on subsequent posttreatment plasma urea nitrogen concentrations in 20- to 50-kilogram pigs. **Journal of Animal Science**, v.89, p.4116-4119, 2011. Disponível em <<http://jas.fass.org/content/89/12/4116.abstract>> Acessado em 20/01/2012.

CAPÍTULO 3

Relação treonina x lisina digestível para
suínos machos não castrados (50 a 70 kg)

Relação treonina x lisina digestível para
suínos machos não castrados (50 a 70 kg)

RESUMO

Um experimento foi realizado para investigar o efeito de dietas formuladas com diferentes relações TRE:LIS sobre o balanço de nitrogênio e o nitrogênio da uréia plasmática (NUP) de suínos em crescimento. Foram utilizados 25 suínos “híbridos” comerciais com elevado potencial de produção de carne magra, não castrados durante a fase de crescimento entre 50 e 70 kg de peso vivo, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e quatro repetições e 25 suínos “híbridos” comerciais com elevado potencial de produção de carne magra, não castrados em crescimento entre 50 e 70 kg de peso vivo, em cinco tratamentos e cinco repetições, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado. As relações TRE:LIS foram 57, 61, 65, 69 e 72% e o nível de lisina digestível foi 1,0%. Os resultados obtidos para balanço de nitrogênio e NUP foram submetidos ao procedimento PROC GLM do SAS (2001) para análise de regressão linear e quadrática. A mudança nas relações TRE:LIS proporcionou efeito linear crescente para a PB_{retida} , $PB_{\text{digestível}}$ das rações, ULP e VBPD e efeito quadrático para o NUP. O consumo de ração (CR), a proteína bruta ingerida (PB_{ingerida}), proteína bruta fecal (PB_{fecal}) proteína bruta digerida (PB_{digerida}), proteína bruta excretada na urina (PB_{urina}) e a proteína bruta excretada total ($PB_{\text{excretada total}}$) não foram influenciados pelas relações TRE:LIS. A relação TRE:LIS 64,28% foi a que proporcionou a menor quantidade de nitrogênio plasmático para animais em crescimento entre 50 e 70 kg de peso vivo.

Palavras-chave: aminoácidos digestíveis, balanço de nitrogênio, NUP, machos inteiros

Digestible threonine x lysine ratio for intact
male pigs (50 to 70 kg)

ABSTRACT

This project aimed to quantify the nitrogen balance and plasma urea nitrogen (PUN) in intact male pigs between 50 and 70 kg live weight, fed diets with different threonine: digestible lysine (THR: LYS) ratios. The study was conducted at the facilities of Animal Science Department from Federal University of Viçosa - Minas Gerais, having started on november, 26 2010. Were used 25 intact male pigs, high-lean commercial crossbreed, distributed in a completely randomized design of five treatments (THR:LYS ratios 57, 61, 65, 69 and 73%) and five replications. The lysine level used in diets was 1.0%. To quantify the nitrogen balance, total collection of excreta method were used and, at the end of the experiment, blood samples were collected via *orbital sinus* puncture for PUN determination. The results obtained for nitrogen and PUN were subjected to PROC GLM of SAS for linear and quadratic regression. The change in THR:LYS ratios gave increasing linear effect for retained crude protein ($_{\text{retained}}\text{CP}$), digestible apparent crude protein of rations (DCPR), net protein utilization (NPU), and biological value of feed protein (BVFP), and a quadratic effect for PUN. The feed intake (FI), crude protein intake ($\text{CP}_{\text{intake}}$), crude protein excreted in feces ($_{\text{fecal}}\text{CP}$), crude protein digested ($_{\text{digested}}\text{CP}$), crude protein excreted in urine (UCP), total excreted crude protein (TECP), digestible crude protein ($_{\text{digestible}}\text{CP}$), The THR:LYS ratio 64.28% was the one that provided the lower amount of plasma nitrogen.

Keywords: digestible aminoacids, nitrogen balance, PUN, boars

1. INTRODUÇÃO

A moderna produção suinícola é um agronegócio altamente sofisticado em que os animais nascem e são criados em instalações com ambiente controlado, alimentados com dietas formuladas à base de grãos (como o milho, que fornecem a maior parte da energia e alguns aminoácidos) e outros (como a soja, que fornecem a maior parte dos aminoácidos e um pouco da energia) e suplementadas com níveis adequados de minerais e vitaminas (MILLER & ULLREY, 1987).

Em condições ideais o nível dietético de nutrientes necessários para manutenção, crescimento ou funções produtivas pode ser equilibrado, resultando em perdas mínimas e, assim menor preocupação com a contaminação ambiental. Infelizmente não existem dietas perfeitamente equilibradas e nem existem grupos de alimentos altamente digestíveis pelos animais (NAHM, 2007).

O potencial para deposição de proteína em suínos em crescimento depende principalmente do genótipo, sexo e idade dos animais. Desta forma a quantidade de proteína excretada e, por estimativa, a quantidade de proteína retida pelos animais é um importante fator que influencia diretamente as necessidades de aminoácidos.

Por ser um importante componente da mucina no trato gastrointestinal (DEFA et al., 1999), a necessidade em treonina aumenta (em relação à lisina) durante o crescimento, pois, animais maiores possuem o trato gastrointestinal maior, e também devido à maior utilização de dietas ricas em fibras, dietas estas que proporcionam maior quantidade de perdas endógenas. Segundo SALDANA et al. (1994), A treonina é normalmente o 2º ou 3º aminoácido limitante em dietas para suínos, porém, quando é adicionada lisina cristalina nas dietas, pode a treonina pode tornar-se o primeiro.

Boisen et al. (2000) citaram que o conceito de proteína ideal é normalmente definido como “a perfeita relação entre os aminoácidos essenciais necessários para a manutenção e produção”, neste sentido efetuaram extensa revisão de literatura sobre o perfil de aminoácidos (relativo à lisina) em dietas para suínos em crescimento e verificou relações TRE:LIS variando de 60 até 75% e mostraram que ainda não existe um consenso sobre qual seria uma relação ideal.

A compilação de estudos recentes sobre as exigências de treonina por suínos em crescimento mostrou que os melhores resultados de ganho de peso e conversão alimentar foram obtidos quando as relações Treonina/Lisina foram crescentes. Assim, a relação treonina/lisina digestível verdadeira 65% é adequada para suínos até 30 kg de peso devendo ser aumentada para 67 e 69%, para suínos de 30 a 70 kg e maiores que 70 kg, respectivamente (Ajinomoto, 2010).

Desta forma, considerando que ainda não existe um consenso sobre a relação TRE:LIS ideal, que existe e continua acontecendo grandes avanços em genética e a pequena disponibilidade de informações em relação à exigência em aminoácidos para suínos machos não castrados em fase de crescimento, o objetivo deste trabalho foi avaliar a utilização de rações formuladas com diferentes relações (TRE:LIS) para suínos machos não castrados entre 50 e 70kg de peso vivo e sua influência sobre o balanço de nitrogênio e níveis plasmáticos de nitrogênio (NUP).

2. METODOLOGIA

O experimento foi conduzido no Setor de Suinocultura do campus da Universidade Federal de Viçosa – Minas Gerais tendo sido avaliado e aprovado pela comissão de ética para uso de animais da Universidade Federal de Viçosa, conforme processo N. 014/2011.

O início do período de adaptação deu-se em 26 de novembro de 2010. As temperaturas mínimas e máximas médias, registradas dentro do galpão experimental, durante a execução do experimento variaram entre $22,5 \pm 0,7$ e $28,9 \pm 1,7^{\circ}\text{C}$ respectivamente.

Foram utilizados 25 suínos machos não-castrados, híbridos comerciais com elevado potencial de produção de carne magra, com peso médio inicial de 59,19 kg, distribuídos em delineamento experimental inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e cinco repetições (um animal por repetição). O peso médio dos animais ao início do experimento foi utilizado como covariável na realização das análises estatísticas.

As dietas experimentais (Tabela 3) foram formuladas com base no conceito de proteína ideal (CHUNG & BAKER, 1992) e suplementadas com minerais e vitaminas de acordo com as exigências preconizadas por Rostagno *et al.* (2005) exceto, porém, para o nível de lisina digestível, que foi de 1,0%. Os tratamentos consistiram dos níveis 0,57; 0,61; 0,65; 0,69 e 0,73% de treonina digestível, correspondentes às relações 57; 61; 65; 69 e 73% de treonina:lisina digestível (TRE:LIS), respectivamente, obtidas a partir de uma ração basal, suplementada com L-treonina.

Tabela 3 - Composição das rações experimentais

| ITEMS | Relação treonina:lisina | | | | |
|------------------------------|-------------------------|--------|--------|--------|--------|
| | 57 | 61 | 65 | 69 | 73 |
| Milho | 70,140 | 70,140 | 70,140 | 70,140 | 70,140 |
| Soja Farelo | 25,625 | 25,625 | 25,625 | 25,625 | 25,625 |
| Fosfato bicálcico | 0,958 | 0,958 | 0,958 | 0,958 | 0,958 |
| Óleo de soja | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| Calcário | 0,548 | 0,548 | 0,548 | 0,548 | 0,548 |
| Celite | 0,500 | 0,500 | 0,500 | 0,500 | 0,500 |
| Amido | 0,250 | 0,209 | 0,168 | 0,128 | 0,087 |
| Sal comum | 0,307 | 0,307 | 0,307 | 0,307 | 0,307 |
| L-Lisina HCl, 99% | 0,297 | 0,297 | 0,297 | 0,297 | 0,297 |
| DL-Metionina, 99% | 0,076 | 0,076 | 0,076 | 0,076 | 0,076 |
| L-Treonina, 98% | 0,000 | 0,041 | 0,082 | 0,122 | 0,163 |
| Cloreto de Colina 60% | 0,150 | 0,150 | 0,150 | 0,150 | 0,150 |
| Mistura Mineral ¹ | 0,050 | 0,050 | 0,050 | 0,050 | 0,050 |
| TOTAL | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Composição Calculada | | | | | |
| EM, kcal/kg | 3248 | 3248 | 3248 | 3248 | 3248 |
| Proteína bruta % | 17,73 | 17,73 | 17,73 | 17,73 | 17,73 |
| Cálcio % | 0,55 | 0,55 | 0,55 | 0,55 | 0,55 |
| Fósforo disponível % | 0,28 | 0,28 | 0,28 | 0,28 | 0,28 |
| Sódio % | 0,16 | 0,16 | 0,16 | 0,16 | 0,16 |
| Lisina digestível % | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Treonina digestível % | 0,57 | 0,61 | 0,65 | 0,69 | 0,73 |
| Metionina digestível % | 0,34 | 0,34 | 0,34 | 0,34 | 0,34 |
| Met+Cis digestível % | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,60 |
| Triptofano digestível % | 0,18 | 0,18 | 0,18 | 0,18 | 0,18 |
| Valina digestível % | 0,71 | 0,71 | 0,71 | 0,71 | 0,71 |

¹Níveis de garantia por kg do produto: Co - 460mg; Cu - 20g; Fe - 100g; I - 1000mg; Mn - 70g; Se - 400mg; Zn - 100g.

²Níveis de garantia por kg do produto: Vit. A - 7.800.000 UI; Vit. D3 - 2.150.000 UI; Vit. E - 25.760 UI; Vit. K3 - 4.000mg; Vit. B1 - 3.000mg; Vit. B2 - 7.320mg; Vit. B6 - 1.560mg; Vit. B12 - 30.000 mcg; Pantotenato de Cálcio - 19.700mg; Niacina - 35.130mg; Biotina - 43mg; Ácido Fólico - 765mg; Selênio - 250mg; BHT - 5.000mg.

Os animais foram alojados em gaiolas de metabolismo (PEKAS, 1968 – Figura 3), sendo submetidos a um período de seis dias de adaptação às rações, gaiolas, ambiente e manejo alimentar, seguidos por cinco dias de coleta total de excretas.

Durante o período de adaptação a ração foi fornecida em quantidade superior à necessária para a satisfação dos animais e, após cerca de 40 minutos as sobras eram pesadas para a quantificação da quantidade de ração ingerida. Durante o período de coleta a quantidade de ração fornecida a cada animal (CR) foi definida como base no peso metabólico ($\text{kg}^{0,75}$) de cada suíno e o consumo médio registrado no período de

adaptação, conforme descrito por Sakomura & Rostagno (2007). Os arraçoamentos foram realizados às 08:00h e às 15:00h, sendo fornecidos 50% do total de ração pela manhã e os 50% restantes no período da tarde, a ração ofertada era misturada com água (1:1) para evitar as perdas.



Figura 3. Instalações – Gaiolas de metabolismo

Utilizou-se o óxido de ferro (Fe_3O_2) como marcador fecal, adicionado à ração de 2% à quantidade de ração ofertada a cada animal, como indicação do dia inicial do período de coleta. Durante este período, após a pesagem da quantidade total de fezes (por animal), uma vez ao dia, uma amostra representativa foi coletada, acondicionada em sacos plásticos e armazenada em freezer (-18°C) para serem analisadas posteriormente.

O volume total de urina produzida pelos animais foi coletada em baldes plásticos, contendo 10 mL de HCl 1:1 (para evitar a proliferação bacteriana e possíveis perdas por volatilização), uma vez ao dia este volume foi medido e dele retirada uma sub-amostra, devidamente armazenada em recipiente de vidro, que permaneceu armazenado em geladeira até o momento das análises.

As análises das amostras de fezes, urina e das rações, para a determinação de composição em matéria seca e nitrogênio foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa. As análises foram executadas segundo as metodologias descritas por Silva & Queiroz (2002).

Os valores de proteína bruta ingerida (PB Ingerida g/dia), proteína bruta excretada nas fezes (PB Fezes g/dia) e excretada na urina (PB Urina g/dia) foram obtidos a partir dos teores de proteína bruta analisados nas rações, nas fezes e urina. A partir destes valores foram calculados a proteína bruta digerida (PB Ingerida – PB Fezes g/dia); a digestibilidade da PB ($PB_{digest} = (PB \text{ digerida}/PB \text{ ingerida}) * 100 \%$); a proteína bruta retida (PB Retida = PB digerida – PB Urina g/dia); a utilização líquida de proteína (ULP = $(PBR/PB \text{ Ingerida}) * 100 \%$) e o valor biológico da proteína dietética (VBPD = $(PBR/PB \text{ digerida}) * 100 \%$) segundo Adeola (2001).

Para os valores de proteína bruta digestível aparente das rações foram executados os cálculos conforme sugerido por Sakomura & Rostagno (2007): $PB_{digestível_{ap}} = [(PB \text{ ingerida} - PB \text{ Fezes})/CR] * 100 \%$.

Ao final do período de coleta os animais foram submetidos a jejum de 6 horas, para então serem coletadas amostras de sangue, via punção no sinus orbital (Figura 4), de acordo com o procedimento descrito por Friend & Brown (1971). As amostras de sangue foram enviadas ao Laboratório de Biofármacos (UFV) para a determinação do nitrogênio da uréia plasmática - NUP (MARSH et al., 1965), sendo as concentrações de nitrogênio da uréia plasmática (NUP) determinadas por meio de método enzimático utilizando-se o Bioclin Kit 047 (Anvisa nº 10269360101).

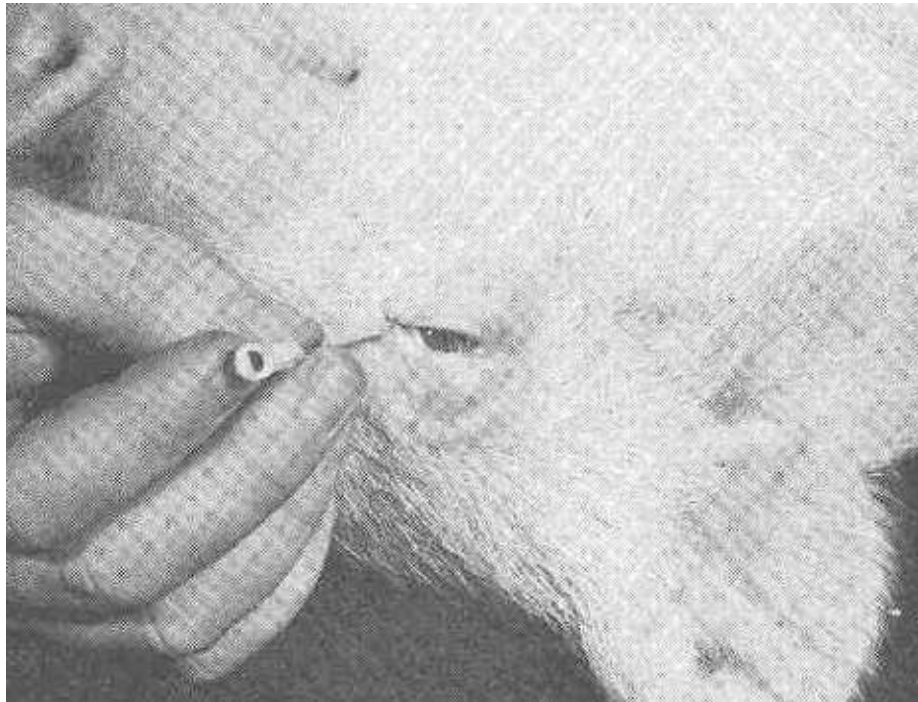


Figura 4. Ponto de inserção da agulha para coleta de sangue no sinus orbital (FRIEND & BROWN, 1971).

Os resultados obtidos foram submetidos ao procedimento PROC GLM do SAS (2001) para análise de regressão linear e quadrática. No caso das variáveis que apresentaram efeito quadrático, as equações obtidas foram derivadas para obtenção do ponto de máximo ou de mínimo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 4 encontram-se os resultados observados para Consumo de ração (CR), proteína bruta (PB) ingerida, PB fecal, PB digerida, PB da urina, PB retida, PB digestível, PB digestível_{ap} (aparente) da ração, utilização líquida da proteína (ULP), valor biológico da proteína dietética (VBPD) e nitrogênio da ureia plasmática (NUP).

Tabela 4: Consumo de ração (CR), proteína bruta (PB) ingerida, PB fecal, PB digerida, PB da urina, PB retida, PB digestível, PB digestível aparente da ração, utilização líquida da proteína (ULP), valor biológico da proteína dietética (VBPD) e nitrogênio da ureia plasmática (NUP) de suínos em crescimento (50 a 70kg)

| | Relação T:L (%) | | | | | Média ± DP | Cv ¹ | Efeito ² |
|-------------------------------------|-----------------|--------|--------|--------|--------|----------------|-----------------|---------------------|
| | 57 | 61 | 65 | 69 | 73 | | | |
| CR kg/dia | 1,018 | 1,042 | 1,017 | 1,007 | 1,025 | 1,022 ± 0,053 | 5,14 | NS |
| PB Ingerida g/dia | 157,92 | 152,40 | 150,88 | 175,56 | 156,85 | 158,80 ± 11,88 | 7,48 | NS |
| PB Fecal g/dia | 17,14 | 14,73 | 17,64 | 15,92 | 14,49 | 16,05 ± 2,45 | 15,24 | NS |
| PB Digerida g/dia | 140,78 | 137,67 | 133,24 | 159,64 | 142,36 | 142,75 ± 11,31 | 7,92 | NS |
| PB Urina g/dia | 57,36 | 48,41 | 52,67 | 50,16 | 49,21 | 51,66 ± 7,63 | 14,77 | NS |
| PB Excretada total g/dia | 74,50 | 63,13 | 70,31 | 66,08 | 63,70 | 67,71 ± 8,73 | 12,90 | NS |
| PB Retida g/dia | 83,42 | 89,26 | 80,57 | 109,48 | 93,15 | 91,09 ± 12,88 | 14,14 | L (p < 0,0365) |
| PB Diges tível % | 89,18 | 90,36 | 88,28 | 90,94 | 90,78 | 89,87 ± 1,50 | 1,67 | NS |
| PB Digestível _{ap} ração % | 13,84 | 13,22 | 13,10 | 15,86 | 13,89 | 13,98 ± 0,98 | 7,00 | L (p < 0,0485) |
| ULP (%) | 56,28 | 58,48 | 53,50 | 62,34 | 59,43 | 57,20 ± 5,53 | 9,66 | L (p < 0,0386) |
| VBPD (%) | 59,02 | 64,71 | 60,64 | 68,52 | 65,43 | 63,60 ± 5,64 | 8,86 | L (p < 0,0496) |
| NUP (mg/dl) | 15,34 | 13,98 | 12,98 | 14,56 | 16,13 | 14,53 ± 2,58 | 17,76 | Q (p < 0,0714) |

¹Coefficiente de variação; ² Q = efeito quadrático, L = efeito linear, NS = não significativo.

PB retida = 22,58757 + 1,05935x (r²=18); PBdigestível_{ap} ração = 9,09546 + 0,07557x (r²=17); ULP = 28,16932 + 0,44886x (r²=18); VBPD = 35,62750 + 0,43250x (r²=16); NUP = 169,79066 - 4,86735x + 0,03786x² (r²=15)

As relações TRE:LIS não influenciaram os resultados de consumo de ração, proteína bruta ingerida, proteína bruta excretada nas fezes, proteína bruta digerida, proteína bruta excretada na urina, proteína bruta excretada total e tampouco sobre a digestibilidade da proteína bruta.

Entretanto os valores encontrados para proteína bruta retida, proteína digestível aparente das rações, utilização líquida da proteína e valor biológico da proteína dietética apresentaram comportamento linear positivo com o aumento das relações TRE:LIS.

O nitrogênio da uréia plasmática foi influenciado quadraticamente pelas relações TRE:LIS.

Apesar de que, nem o consumo de ração e nem a proteína bruta retida terem apresentados variações significativas à medida que as relações TRE:LIS foram alteradas, a PB digestível_{ap} das rações apresentou comportamento linear positivo, sinalizando que o aumento da inclusão de treonina nas dietas (mantendo-se a mesma

inclusão de lisina) melhorou a digestibilidade da PB das dietas, não obstante este resultado é de difícil comparação com outros da literatura, pois, neste trabalho, o consumo de ração foi controlado.

A exemplo do atual trabalho, CASTAGNA et al. (1999), fornecendo rações com diferentes relações TER:LIS (50 a 83%) também não encontraram respostas significativas no consumo de ração, resultado distinto ao obtido por ETTLE et al. (2004) que, ao alterarem as relações TRE:LIS das dietas de 54 para 71%, observaram variação significativa no consumo de ração diário, entretanto estes autores trabalharam com machos castrados.

No presente trabalho, apesar de não ter proporcionado diferenças significativas nas quantidades de proteína bruta digeridas, a relação TRE:LIS 69% resultou valor 13,4% maior que a relação 57% (140,78g e 159,64g respectivamente). PAIANO et al. (2008) utilizaram dietas que variaram em suas relações TRE:LIS de 57,4 até 77,2%, relataram ter havido efeito quadrático das relações TRE:LIS sobre a quantidade de PB digerida, com o valor 65,2% representando a relação TRE:LIS que proporcionou maior quantidade de PB digerida por suínos machos castrados de 30 a 60 kg, porém, em ensaio semelhante, trabalhando com animais entre 15 e 30 kg PAIANO et al (2009) não encontraram variação significativa nos valores de proteína bruta digeridas.

A quantidade de proteína bruta total excretada no atual trabalho sofreu redução de 11,3% quando do aumento da relação TRE:LIS de 57 para 69% (não significativo), redução esta que, provavelmente, contribuiu para o aumento de 31,2% na proteína bruta retida com a alteração da relação TRE:LIS no mesmo intervalo. A proteína bruta retida foi influenciada linear positivamente com o aumento da relação TRE:LIS ($p < 0,0365$).

Houve aumento de 10,8% na ULP com o aumento da relação TRE:LIS de 57 até 69% e subsequente queda de 4,9% quando a relação foi de 69 para 73%, porém, quando consideramos o intervalo total (57 até 73%) houve incremento de 5,3% na utilização líquida da proteína ($p < 0,0386$). Le Bellego et al. (2001) observaram ULP de 47,8% em animais alimentados com rações com 18,9% de PB e, apesar de não terem efetuado testes estatísticos nestes dados, registraram incremento de 37,2% na ULP com a redução do teor de PB de 18,9 para 12,3%, em animais com 65 kg de peso vivo, neste caso, a relação TRE:LIS foi mantida inalterada em 65%. Entretanto, PAIANO et al. (2008) apresentaram resultados de ensaio de metabolismo no qual a ULP teve comportamento quadrático, proporcionado pela alteração das relações TRE:LIS, em que a relação que facultou a melhor ULP foi 64,2%.

THONG & LIEBERT (2004), sugeriram que a inclusão de treonina 0,45% é o valor que proporciona melhor retenção de proteína bruta, porém, este valor foi calculado esperando-se 130g/dia de PB retida e consumo de ração de 2,0kg/dia e sua relação com a lisina foi de 56%. Contudo os autores comentam que quando o critério para a estimativa do melhor nível de treonina foi o NUP, a concentração de treonina necessária na dieta, que proporcionou a menor quantidade de nitrogênio da uréia plasmática foi 0,54%.

No presente trabalho foram observadas diferenças significativas das relações TRE:LIS sobre os valores de NUP ($p < 0,0714$) com comportamento quadrático. A derivação da equação encontrada para o NUP indica a relação TRE:LIS 64,28% como a que promoveu a menor quantidade de nitrogênio da uréia plasmático.

Trabalhando com leitões dos 10 aos 25 kg, Wang et al. (2006) observaram efeitos linear e quadrático dos níveis crescentes de treonina digestíveis em relação a

lisina (relações TRE:LIS variando de 49 até 78%) comentaram que se o NUP for utilizado como parâmetro para escolha da relação TRE:LIS, a menor concentração de NUP é visualizada com a relação TRE:LIS 60%.

Recentemente Lopez et al. (2010), avaliando relações TRE:LIS entre 50 e 75%, encontraram variação linear decrescente para o NUP com o aumento da relação TRE:LIS, os autores citaram que, com níveis baixos de treonina (em relação à lisina) existe um desequilíbrio entre aminoácidos, impedindo assim, que estes nutrientes possam ser aproveitados eficientemente pelos suínos, fato este que se reflete em maior concentração de ureia no plasma, que posteriormente será excretada através da urina; entretanto níveis maiores de treonina proporcionam melhor equilíbrio entre aminoácidos, conduzindo a melhor eficiência de utilização pelos animais, o que pode ser deduzido por menores concentrações de ureia plasmática. Lopez et al. (2010) utilizaram 0,83% de lisina digestível, enquanto que no atual trabalho, foi utilizado 1,0%.

4. CONCLUSÃO

Os resultados encontrados neste trabalho mostraram que a relação TRE:LIS que proporcionou maior retenção de proteína bruta, melhor proteína digestível aparente das rações, maior utilização líquida da proteína e melhor valor biológico da proteína dietética foi 73%. Porém a menor eliminação de nitrogênio da uréia plasmática aconteceu com a relação TRE:LIS 64,28%. Evidenciando a necessidade de mais trabalhos para que seja possível a determinação da melhor relação TRE:LIS para suínos machos não castrados em fase de crescimento (50 a 70 kg).

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADEOLA, O. Digestion and balance techniques in pigs. In: LEWIS, A.J.; SOUTHERN, L.L. **Swine nutrition**. 2nd ed. Boca Raton: CRC, 2001. p.903-916.

AJINOMOTO, 2010. Disponível em http://www.lisina.com.br/upload/ArtigoTreonina_port.pdf Acessado em 12/01/2012.

BOISEN, S.; HVELPLUND, T.; WEISBJERG, M.R. Ideal amino acid profiles as a basis for feed protein evaluation. **Livestock Production Science**, v.64, p.239–251, 2000.

CASTAGNA, C.D.; LOVATTO, P.A.; QUADROS, A.R.B. et al. Níveis de aminoácidos na dieta de suínos machos inteiros dos 25 aos 70k. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.29, n.1, p.117-122, 1999.

CHUNG, T.K.; BAKER, D.H. Ideal amino acid pattern for 10-kilogram pigs. **Journal of Animal Science**. v.70, p. 3102-3111, 1992.

DEFA, L.; CHANGTING, X.; SHIYAN, Q. et al. Effects of dietary threonine on performance, plasma parameters and immune function of growing pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v.78, p.179-188, 1999.

ETTLE, T.; ROTH-MAIER, D.A.; BARTELT, J. et al. Requirement of true ileal digestible threonine of growing and finishing pigs. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**. v.88, p.211–222, 2004. DOI: 10.1111/j.1439-0396.2004.00475.x

FRIEND, D.W. & BROWN, R.G. Blood sampling from suckling piglets. **Canadian Journal of Animal Science**. v.51, p.547-549, 1971.

LE BELLEGO, L.; MILGEN, J.V.; DUBOIS, S. et al. Energy utilization of low-protein diets in growing pigs. **Journal of Animal Science**, v.79, n.5, p.1259-1271. 2001.

LOPEZ, M.; FIGUEROA, J.L.; GONZÁLEZ, M.J. Niveles de lisina y treonina digestible en dietas sorgo-pasta de soya para cerdos en crecimiento. **Archivos de Zootecnia**. v.59, n.22, p.205-216, 2010. Disponível em http://www.uco.es/organiza/servicios/publica/az/php/img/web/27_20_44_06NivelesLopez.pdf acessado em 24/01/2012.

MARSH, W.H.; FINGERHUT, B.; MILLER, H. Automated and manual direct methods for determination of the determination of blood urea. **Clinical Chemistry**, v.11, n.6, p.624-627, 1965.

MILLER, E.R. & ULLREY, D.E. The pig as a model for human nutrition. **Annual Reviews of nutrition**. v.7, p.361-382, 1987

NAHM, K.,H. Feed formulations to reduce N excretion and ammonia emission from poultry manure. **Bioresource Technology**, v.98, p. 2282–2300, 2007.

PAIANO, D.; MOREIRA, I.; FURLAN, A.C. et al. Relações treonina:lisina digestíveis e níveis de energia líquida para suínos em crescimento e terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.12, p.2147-2156, 2008.

PAIANO, D.; MOREIRA, I.; SILVESTRIN, N. et al. Relações treonina:lisina digestíveis para suínos na fase inicial, alimentados com rações de baixa proteína, calculadas de acordo com o conceito de energia líquida. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.61, n.1, p.211-218, 2009.

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

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2.ed. Viçosa:UFV, 2005. 186p.

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

SALDANA, C.I.; KNABE, D.A.; OWEN, K.Q. et al. Digestible threonine requirements of starter and finisher pigs. **Journal of Animal Science**, v.72, p.144-150, 1994.

SAS. 1999-2001.Statistical Analyses System, User's guide: statistics. Version 8, v.2. Cary.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**.3.ed. Viçosa: UFV, 2002. 235p.

THONG, H.T. & LIEBERT, F. Potential for protein deposition and threonine requirement of modern genotype barrows fed graded levels of protein with threonine as the limiting amino acid. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**. v.88, p.196-203, 2004.

WANG, X.; QIAO, S.Y.; LIU, M.et al. Effects of graded levels of true ileal digestible threonine on performance, serum parameters and immune function of 10–25 kg pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v.129, p.264–278, 2006.