

**EFEITO DE NÍVEIS DE PROTEÍNA DA  
RAÇÃO NO BALANÇO DE NITROGÊNIO E  
COMPOSIÇÃO CORPORAL DE SUÍNOS EM  
CRESCIMENTO**

**VLADIMIR DE OLIVEIRA**

**2004**

**VLADIMIR DE OLIVEIRA**

**EFEITO DE NÍVEIS DE PROTEÍNA DA RAÇÃO NO BALANÇO DE  
NITROGÊNIO E COMPOSIÇÃO CORPORAL DE SUÍNOS EM  
CRESCIMENTO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como exigência do Programa de Pós-graduação em Zootecnia, área de concentração em Nutrição de Monogástricos, para a obtenção do título de “Doutor”.

**Orientador**  
**Prof. Elias Tadeu Fialho**

**LAVRAS**  
**MINAS GERAIS – BRASIL**  
**2004**

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da  
Biblioteca Central da UFLA**

Oliveira, Vladimir de

Influência de rações com baixos teores de proteína bruta no balanço de nitrogênio e retenção tecidual em suínos em crescimento / Vladimir de Oliveira. – Lavras : UFLA, 2004.

98 p. : il.

Orientador: Elias Tadeu Fialho.

Tese (Doutorado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Proteína Bruta. 2. Balanço de nitrogênio. 3. Composição Corporal.  
4. Suínos em crescimento. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD - 636.4  
- 636.40855

**VLADIMIR DE OLIVEIRA**

**EFEITO DE NÍVEIS DE PROTEÍNA DA RAÇÃO NO BALANÇO DE  
NITROGÊNIO E COMPOSIÇÃO CORPORAL DE SUÍNOS EM  
CRESCIMENTO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como exigência do Programa de Pós-graduação em Zootecnia, área de concentração em Nutrição de Monogástricos, para a obtenção do título de “Doutor”.

**APROVADA em 05 de março de 2004**

Prof. Antônio Gilberto Bertechini - DZO/UFLA

Prof. José Augusto de Freitas Lima - DZO/UFLA

Prof.<sup>a</sup>. Maria Emília de Souza Gomes Pimenta - UNIFENAS

Prof. Raimundo Vicente de Souza - DMV/UFLA

**Prof. Elias Tadeu Fialho  
UFLA  
(Orientador)**

**LAVRAS  
MINAS GERAIS – BRASIL**

A minha esposa e companheira, Adriana Trindade da Silva, pela compreensão,  
dedicação e amor,

**DEDICO**

Aos meus sobrinhos, Osiel de Oliveira Ávila, Luiz Antônio Gonzaga  
Junior, Esdra Gislei de Oliveira Ávila e Matheus Gonzaga.

**OFEREÇO**

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras pela oportunidade de realizar este curso de pós-graduação.

Ao professor Elias Tadeu Fialho pela orientação, ensinamentos, confiança e respeito dispensados ao longo do curso.

Ao professor Rilke Tadeu Fonseca de Freitas, pela orientação nas análises estatísticas e ensinamentos transmitidos.

Aos professores José Augusto de Freitas Lima, Antônio Gilberto Bertechini, Raimundo Vicente de Souza e Maria Emília G. S. Pimenta pelas sugestões apresentadas.

Aos estagiários do setor de suinocultura Alexandra Natália Garcia, Érika Viviane H. da Rocha, Heloisa Mazzochi, Leandro Batista Costa e Vinícius de Souza Cantarelli, pelo auxílio na condução dos experimentos.

Aos servidores públicos lotados no Departamento de Zootecnia da UFLA pela inestimável colaboração durante o curso.

Aos colegas Antônio Inácio Neto, Clóvis Gewer, Delma Maria Torres, Éder Clementido dos Santos, Édison José Fassani, Fabiana Cordeiro Rosa, Henrique Jorge de Freitas, Hunaldo Oliveira Silva, Paulo Roberto Ost, Rui de Castro Pillar, Silvio Luiz de Oliveira, Valene da Silva Amarante Junior e Victor Cruz Rodrigues.

## **BIOGRAFIA**

**VLADIMIR DE OLIVEIRA**, filho de Gomercindo Jensen de Oliveira e Laura Antônia de Oliveira, nasceu em 24 de novembro de 1968, no município de Taquara, estado do Rio Grande do Sul.

Em abril de 1992, ingressou na Universidade Federal de Santa Maria, onde em 17 de janeiro de 1997 obteve o título de Zootecnista.

Em março de 1997, iniciou o curso de Pós-graduação em nível de Mestrado, na Universidade Federal de Lavras, concentrando seus estudos na área de Nutrição de Monogástricos.

Em 26 de março de 1999, submeteu-se à defesa de dissertação para obtenção de título de “Mestre”.

Em maio de 1999, iniciou o curso de Pós-graduação em nível de Doutorado, na Universidade Federal de Lavras, concentrando seus estudos na área de Nutrição de Monogástricos.

Em março de 2004, submeteu-se à defesa de tese para obtenção do título de “Doutor”.

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>iii</b>
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>3</b>
2.1 Utilização de nitrogênio pelos suínos .....	3
2.2 Redução do teor de proteína da ração .....	6
2.2.1 Teor de proteína bruta da ração e excreção de nitrogênio .....	7
2.2.2 Teor de proteína bruta da ração e a composição corporal.....	17
2.3 Limite para redução do teor de proteína da ração.....	19
2.4 Efeito do teor de proteína da ração nos metabólitos do sangue e urina .....	21
2.5 O poder poluente dos dejetos.....	23
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>26</b>
3.1 Local e época .....	26
3.2 Animais e instalações.....	26
3.3 Período experimental .....	27
3.4 Rações e manejo alimentar .....	27
3.5 Colheita de amostras e procedimentos no abate e análise de carcaça.....	37
3.6 Análises Laboratoriais .....	38
3.7 Análises Estatísticas.....	40
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>44</b>
4.1 Experimento 1.....	44
4.2 Experimento 2.....	52
4.2.1 Peso dos órgãos digestórios .....	56
4.2.2 Retenção tecidual.....	60
4.3 Experimento 3.....	69
<b>5 CONCLUSÕES</b> .....	<b>74</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>75</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>88</b>



## RESUMO

OLIVEIRA, Vladimir de. **Influência de rações com baixos teores de proteína bruta no balanço de nitrogênio e retenção tecidual de suínos em crescimento.** 2004. 98p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.<sup>1</sup>

Três experimentos foram conduzidos no DZO/UFLA para avaliar os efeitos do teor de proteína bruta no balanço de nitrogênio, composição corporal e metabólitos sanguíneos e urinários de suínos. No primeiro experimento foram usados 12 suínos castrados, alojados individualmente em gaiolas de metabolismo. Os animais foram distribuídos em quatro tratamentos que consistiram de rações isoenergéticas e isolisínicas, formuladas com o conceito de proteína ideal, mas com diferentes teores de proteína bruta (16, 14, 12 e 10%). A quantidade de ração fornecida foi de 3,5 vezes a energia de manutenção, calculada como 106 kcal de EM/kgPV<sup>0,75</sup> e ajustada diariamente de acordo com o ganho de peso esperado. O experimento foi realizado em dois períodos consecutivos de 12 dias. Os sete primeiros dias foram utilizados para adaptação dos animais e os cinco dias restantes, utilizados na coleta total de fezes e urina. O óxido férrico serviu com marcador fecal. O delineamento experimental foi o *changeover* balanceado em dois períodos. No segundo experimento foram utilizados 38 suínos castrados (32,7 ± 1,5 kg) e com alta capacidade para deposição de carne magra. Oito animais foram abatidos no início do experimento e serviram como referência para o cálculo das taxas de retenção de proteína e deposição lipídicos. Os 30 suínos restantes foram alojados individualmente em baias com piso compacto e distribuídos em cinco tratamentos. Os tratamentos experimentais foram quatro rações isolisínicas e isoenergéticas, contendo diferentes teores de proteína bruta (10, 12, 14 e 16%). Um quinto tratamento foi incluído para verificar se a suplementação de aminoácidos não essenciais (L-glutamato, L-glicina e L-prolina), na ração com o menor teor de proteína, influenciaria a retenção protéica (10+NNE). A quantidade de ração fornecida foi 3,5 vezes a energia de manutenção, calculada como 106 kcal de EM/kgPV<sup>0,75</sup>. Os animais foram pesados duas vezes por semana para estabelecer o consumo de ração. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados. No terceiro experimento foram utilizados 12 suínos castrados (32,0 ± 1,05 kg), alojados individualmente em baias com piso compacto. Os animais foram distribuídos em quatro tratamentos, que

---

<sup>1</sup> Comitê Orientador: Elias Tadeu Fialho – UFLA (Orientador), José Augusto de Freitas Lima – UFLA, Antônio Gilberto Bertechini – UFLA.

consistiram de rações isoenergéticas e isolisínicas, mas contendo diferentes teores de proteína bruta (10, 12, 14 e 16%). A quantidade de ração fornecida foi de 3,5 vezes a energia de manutenção, calculada como  $106 \text{ kcal de EM/kgPV}^{0,75}$  e ajustada diariamente de acordo com o ganho de peso esperado. O experimento foi realizado em dois períodos consecutivos de sete dias, sendo que, no sétimo dia, procedeu-se a colheita de sangue. No primeiro experimento verificou-se que houve redução linear ( $P < 0,01$ ) na excreção de nitrogênio com o decréscimo do teor de proteína bruta das rações. A cada ponto percentual de redução no teor de proteína da ração, 10,8% menos nitrogênio é eliminado na urina. A retenção de nitrogênio diminuiu linearmente ( $P < 0,01$ ) com o decréscimo do teor de proteína. A ração 10 propiciou cerca de 80% da retenção de nitrogênio da ração 16. Contudo, a eficiência de utilização do nitrogênio consumido aumentou proporcionalmente com o decréscimo do teor de proteína bruta da ração. Os coeficientes de metabolizabilidade das rações foram semelhantes ( $P > 0,05$ ), mas a relação entre energia digestível e metabolizável foi inversamente proporcional à concentração de proteína das rações. No segundo experimento, os suínos da ração 10+NNE e 10 apresentaram menor ganho de peso ( $P < 0,05$ ) e pior conversão alimentar ( $P < 0,05$ ) que os suínos submetidos aos demais tratamentos. O peso de órgãos (fígado, rins, pâncreas e coração) não foi alterado pelo teor de proteína das rações. Os pesos do trato gastrointestinal (TGI) e o somatório dos pesos do TGI e órgãos foram maiores ( $P < 0,01$ ) nos tratamentos 14 e 16 em comparação com os tratamentos 10+NNE e 10. A taxa de retenção de proteína corporal foi maior ( $P < 0,05$ ) nos suínos das rações 14 e 16 em comparação com os tratamentos 10+NNE e 10. A retenção de proteína propiciada pela ração 12 foi intermediária em relação às demais. Os animais consumindo a ração 16 apresentaram menor ( $P < 0,05$ ) deposição corporal de lipídeos que os suínos consumindo a ração 10+NNE. Nos demais tratamentos, a deposição de gordura foi semelhante entre si e intermediária em relação aos suínos das rações 16 e 10+NNE. Houve efeito linear ( $P < 0,05$ ) do teor de proteína na concentração de uréia no sangue e urina. Conclui-se que a redução de quatro pontos percentuais no teor de proteína bruta, com a suplementação adequada de aminoácidos sintéticos, propicia diminuição na eliminação de nitrogênio na urina, sem alterar o desempenho e a retenção de proteína de suínos em crescimento. Contudo, as rações com baixos teores de proteína resultam em aumento na deposição de gordura corporal. As concentrações de uréia no sangue e na urina refletem o teor de proteína das rações.

## ABSTRACT

OLIVEIRA, Vladimir. **Influence of low crude protein diets in nitrogen balance and tissue retention of growing swine.** 2004. 98p. Thesis (Doctorate in Animal Science) - Federal University of Lavras, Lavras, MG.<sup>1</sup>

Three experiments were conducted in the DZO/UFLA to evaluate the effects of crude protein content in nitrogen balance, body composition and blood and urinary metabolites of swine. In the first experiment, 12 crossbred barrows, housed individually in stall metabolic cages were used. The animals were allotted to four treatments consisting of isocaloric and isolysine diets formulated with the ideal protein concept but with different crude protein contents (16, 14, 12 and 10%). The amount of diet fed was of 3.5 times as high as maintenance energy calculated as 106 kcal of ME/Kg BW<sup>0.75</sup> and adjusted daily according to the expected weight gain. The experiment was carried out in two consecutive 12-day periods. The seven first days were utilized for animal's adaptation and the five remaining utilized in the total collection of feces and urine. Ferric oxide was used as a fecal marker. The experimental design was the changeover balanced in two periods. In the second experiment were utilized 38 crossbred barrows (initial BW 32.7 +/- 1.5 kg) and with a high ability for lean deposition. Eight pigs were slaughtered at the begin of the experiment and used as a reference for the calculation of the protein retention rates and lipid deposition. The 30 remaining crossbred barrows were individually housed in compacted -floored pens and distributed into five treatments. The experimental treatments were four isolysine and isocaloric diets containing different contents of crude protein (10, 12, 14 and 16%). A fifth treatment was included to verify whether the supplementation of non essential amino acids (L-glutamate, L-glycine and L-proline) in the diet with the lowest protein content would influence protein retention (10+NEN). The amount of diet fed was 3.5 as high as the amount of maintenance energy calculated as 106 kcal of ME/Kg LW<sup>0.75</sup>. The animals were weighted twice a week to establish diet consumption. The experimental design utilized was that of randomized blocks. In the third experiment were utilized 12 crossbred barrows (initial BW 32.0 ± 1.05 kg), housed individually in compact floored pens. The animals were distributed into four treatments, which consisted of isocaloric and isolysine diets but containing different crude protein contents (10, 12, 14 and 16%). The amount of diet given was 3.5 as high as maintenance energy calculated as 106 kcal of ME/Kg LW<sup>0.75</sup> and adjusted daily according to expected

---

<sup>1</sup> Guidance Committee: Elias Tadeu Fialho – UFLA (Adviser), José Augusto de Freitas Lima – UFLA, Rilke Tadeu Fonseca de Freitas – UFLA, Antônio Gilberto Bertechini – UFLA.

weight gain. The experiment was done in two consecutive 7-day periods, on the seventh day, blood collection was proceeded. In the first experiment, it was found that there was a linear reduction ( $P<0.01$ ) in nitrogen excretion with decreasing crude protein content of the diets. At every percent point of reduction in the diet crude protein, 10.8% less nitrogen is eliminated in the urine. Nitrogen retention decreased linearly ( $P<0.01$ ) with decrease of protein content. Diet 10 provided around 80% of nitrogen retention of diet 16. However, efficiency of use of nitrogen consumed increased proportionally with decrease of crude protein of the diet. The metabolizability coefficient of the diets were similar ( $P<0.05$ ) but the ratio between digestible and metabolizable energy was inversely proportional to the concentration of protein of the diets. In the second experiment, the swine of the 10 + NEN and 10 diet swine presented lower weight gain ( $P<0.05$ ) and worse feed conversion ( $P< 0.05$ ) than the swine submitted to the other treatments. The weight of organs (liver, kidneys, pancreas and heart) was not altered by the protein content of the diets. The weight of the intestinal tract (INT) and the summation of the weights of the INT and organs were higher ( $P<0.01$ ) in treatments 14 and 16 as compared with treatments 10 + NEN and 10. The body protein retention rate was higher ( $P<0.05$ ) in the diet 14 and 16 diets swine as compared with treatments 10 + NEN and 10. The protein retention provided by diet 12 was intermediary relative to the others. The animals consuming diet 16 shown less ( $P<0.05$ ) body deposition of lipids than the swine consuming diet 10 + NEN. In the other treatments, fat deposition was similar between each other and intermediary in relation to the diet 16 and 10 +NEN swine. There was a linear effect ( $P<0.05$ ) of protein content upon the urea concentration in the blood and urine. In conclusion the reduction of four percent points in crude protein content with its adequate supplementation of synthetic aminoacids enables decrease in nitrogen elimination in the urine without altering the performance and protein retention of growing pigs. However, low protein diets result into increase in body fat deposition. The blood and urine urea concentrations reflect the protein content of the diets.

## 1 INTRODUÇÃO

A suinocultura é uma atividade de muita importância social e econômica no Brasil. Um dos entraves para sua expansão é o impacto ambiental dos sistemas intensivos de criação, que originam grande quantidade de dejetos. A concentração de nitrogênio nos dejetos é considerável e o excesso é transformado em muitas substâncias nocivas ao ambiente, saúde e desempenho de animais e do homem, como nitrato e amônia.

Uma das maneiras de reduzir a quantidade de nitrogênio dos dejetos é diminuir o excesso de proteína das rações e ajustar o perfil dos aminoácidos à exigência dos animais. A retenção de nitrogênio será similar à obtida com ração convencional, desde que ocorra adição de aminoácidos sintéticos para evitar deficiências de aminoácidos essenciais. Essa hipótese foi confirmada por vários autores. Contudo, na maior parte dessas pesquisas, o teor mínimo de proteína usado esteve próximo a 14% (teor abaixo do qual uma ração com milho e farelo de soja tem outros aminoácidos limitantes além de lisina, treonina, metionina e triptofano). Nos experimentos em que a redução foi mais acentuada, verifica-se a mesma tendência de decréscimo na excreção de nitrogênio, mas os resultados são divergentes na variável retenção de nitrogênio.

Existem resultados que evidenciam maior retenção de lipídeos e energia na carcaça de suínos consumindo rações com baixa concentração de proteína bruta. Tais respostas podem estar associadas ao conteúdo de energia líquida das rações, que é inversamente proporcional à concentração de proteína. Muitos estudos realizados na fase de terminação permitiram comprovar que há maior deposição de gordura na carcaça de suínos quando são alimentados com rações contendo baixos teores de proteína bruta. A quantidade de pesquisas utilizando suínos em crescimento é bem menor e não permite uma conclusão definitiva.

Considerando a importância de reduzir o teor de proteína bruta das rações de suínos, foram realizados três experimentos: o primeiro, com o objetivo de determinar a influência do teor de proteína bruta no balanço de nitrogênio e energia de suínos em crescimento; o segundo, para avaliar a influência do teor de proteína bruta no desempenho, peso dos órgãos digestivos e deposição tecidual de suínos em crescimento através da técnica de abate comparativo; e, o terceiro, para determinar a influência do teor de proteína bruta na concentração de metabólitos sanguíneos e urinários.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Utilização de nitrogênio pelos suínos**

O primeiro sítio de digestão de proteína nos suínos é o estômago, onde ocorre ação mecânica e enzimática que resulta na proteólise inicial de compostos nitrogenados. A digestão no estômago é realizada por enzimas denominadas genericamente de pepsinas, que são secretadas no lúmen intestinal na forma de precursores inativos, conhecidos como pepsinogênios. Existem dois grupos de pepsinas, cujo pH ótimo de ação é diferente. As pepsinas A e C têm sua atividade ótima no pH de 2,0, enquanto as pepsinas B e D têm sua atividade ótima no pH de 3,5 (Longland, 1991). A intensidade da hidrólise depende do tempo de permanência das proteínas dentro do estômago. Quanto maior a permanência no estômago, maior será o contacto com as enzimas digestivas (Rerát & Corring, 1991). Por outro lado, sabe-se que a solubilidade influencia o tempo de permanência da proteína no estômago, com a fração solúvel e os aminoácidos sintéticos passando rapidamente para o intestino (Kudsen & Jorgensen, 1993). A quantidade de aminoácidos livres saindo do estômago é pequena e proporcional ao consumo de aminoácidos sintéticos, mas a hidrólise protéica gástrica é importante, uma vez que a gastrectomia pode reduzir a digestão da proteína em mais de 17 % (Laplace et al., 1986). A fase gástrica da digestão pode ser considerada como uma fase preparatória da digestão protéica (Rerát & Corring, 1991).

A digestão da proteína continua no intestino delgado, local onde ocorre a maior parte da digestão e absorção protéica. Ao atingir o duodeno, a digesta é misturada com a bile e o suco pancreático e seu pH aumenta. A ação enzimática no intestino delgado é exercida pelas enzimas secretadas no suco pancreático e também por enzimas presentes na superfície dos enterócitos. As enzimas do

pâncreas também são liberadas no lúmen intestinal na forma de precursores inativos. Sem a secreção pancreática, a digestão da proteína decresce significativamente (Rerát & Corring, 1991). As proteases pancreáticas secretadas no intestino delgado podem ser divididas em três grupos: endopeptidases, exopeptidases e aminopeptidases. As endopeptidases hidrolisam qualquer ligação peptídica ao longo da cadeia polipeptídica. Já as exopeptidases exercem sua ação apenas nos ligações terminais dos grupos carboxílicos. A tripsina, quimiotripsina e elastase são as principais endopeptidases do pâncreas, enquanto as carboxipeptidases A e B são as principais exopeptidases pancreáticas. Na borda em escova da mucosa do intestino delgado e no citoplasma dos enterócitos estão as aminopeptidases (Rivest et al., 2000).

Após a ação seqüencial do ácido clorídrico, enzimas gástricas e pancreáticas, uma mistura de pequenos peptídeos (2-6 resíduos de aminoácidos) e aminoácidos livres é rapidamente liberada no lúmen intestinal. Os aminoácidos livres são absorvidos por sistemas específicos localizados na borda em escova e membrana apical dos enterócitos (Webb, 1990). O transporte de aminoácidos pelos enterócitos ocorre por simples difusão, difusão facilitada (não dependente de sódio) e transporte ativo (sódio dependente; Stevens et al., 1984). A contribuição relativa de cada rota é dependente da concentração do substrato e a importância da difusão aumenta quanto maior é a concentração de substrato (Webb, 1990).

Pequenos peptídeos (principalmente di e tri-peptídeos) são absorvidos mais rapidamente que aminoácidos livres. Há sistemas específicos para di e tri-peptídeos, diferentes daqueles responsáveis pelo transporte de aminoácidos livres (Webb, 1990). Todos os peptídeos absorvidos são hidrolisados nos enterócitos, pois no sangue portal são encontrados apenas aminoácidos livres (Rerát, 1991). Há recentes evidências de que uma parcela significativa dos aminoácidos é catabolizada no interior dos enterócitos e não atinge a circulação



portal (Wu, 1998; Stoll et al., 1998). Aqueles aminoácidos que atingem a circulação portal são conduzidos até o fígado, que é considerado o principal órgão envolvido no metabolismo dos aminoácidos e funciona regulando a variação do perfil de aminoácidos que chega do trato gastrointestinal.

Os suínos têm uma exigência diária de aminoácidos para manutenção, e síntese de proteínas teciduais. Os aminoácidos são continuamente perdidos pelo corpo dos suínos e a necessidade de substituição constitui as exigências de manutenção (Moughan, 1994). Por outro lado, a exigência para deposição tecidual é diretamente associada com a capacidade de síntese de proteína do animal (NRC, 1998). A quantidade de aminoácidos que é fornecida acima das necessidades não pode ser armazenada no corpo e, assim, todo o excesso é catabolizado. O catabolismo envolve a remoção e excreção do grupo amino e o uso do esqueleto de carbono na gliconeogênese, lipogênese ou, ainda, sua oxidação até gás carbônico e água (Larbier & Leclercq, 1994).

Entre 50 a 60 % do nitrogênio consumido pelos suínos, alimentados com rações convencionais, é retido (Kerr et al., 1995; Figueroa et al., 2002) e o restante é eliminado nas fezes e urina. O nitrogênio das fezes tem origem no nitrogênio ingerido, que não foi absorvido, e na fração endógena. O nitrogênio endógeno é oriundo principalmente das secreções digestivas (pancreáticas, biliares e intestinais), das descamações do epitélio intestinal e da massa microbiana. Já o nitrogênio urinário é constituído pelo nitrogênio descartado no metabolismo animal. A urina é a principal via de eliminação de nitrogênio no organismo dos suínos, sendo que 60 a 80% do nitrogênio total excretado é eliminado por esta via. Mais de 95% do nitrogênio excretado na urina estão na forma de uréia (Canh et al., 1998).

## 2.2 Redução do teor de proteína da ração

O uso do conceito de proteína ideal facilita a redução do teor de proteína bruta das rações de suínos, desde que haja adição de quantidades apropriadas de aminoácidos sintéticos (Kerr & Easter, 1995).

O conceito de proteína ideal foi proposto e discutido por Mitchell em 1946. Proteína ideal pode ser definida como o perfil exato entre os aminoácidos que atende as exigências para manutenção e produção dos animais. Neste caso, não há excesso e nem deficiência e a excreção de nitrogênio é mínima (Firman & Boling, 1998). O conceito estabelece que todos os aminoácidos podem ser relacionados com um aminoácido referência (normalmente a lisina) e, se a exigência desse aminoácido varia, devido ao genótipo ou peso vivo, por exemplo, o padrão dos demais aminoácidos altera-se proporcionalmente, para manter a relação com o aminoácido referência.

A composição da carcaça pode ser usada como um ponto inicial para determinar a relação ideal entre os aminoácidos exigidos pelos suínos, embora este procedimento não considere o custo de manutenção. Os primeiros pesquisadores a usar rações para testar relações entre aminoácidos e determinar a proteína ideal foram Dean & Scott (1965). Desde então, outros estudos foram conduzidos para determinar a relação ideal entre aminoácidos para suínos (Fuller et al., 1989; Wang & Fuller et al., 1989; Chung & Baker, 1992).

A produção comercial de aminoácidos iniciou em 1948, a partir da síntese química de DL-metionina. Em 1958, o ácido glutâmico foi produzido *in vitro* e foi o ponto de partida para produção comercial de outros aminoácidos, usando técnicas de fermentação, tais como a L-lisina, L-treonina e L-triptofano. Atualmente, os aminoácidos DL-metionina, L-lisina, L-treonina e L-triptofano estão disponíveis comercialmente, mas a L-valina e L-isoleucina em breve estarão disponíveis para aplicação na formulação prática.

Teoricamente, as perdas de nitrogênio devido ao desequilíbrio de aminoácidos podem ser eliminadas completamente pela adição apropriada de aminoácidos sintéticos. Do ponto de vista prático, entretanto, o custo e a disponibilidade comercial dos aminoácidos sintéticos representam uma limitação.

### **2.2.1 Teor de proteína bruta da ração e excreção de nitrogênio**

Muitos experimentos foram conduzidos para avaliar o efeito de rações com baixos teores de proteína bruta no desempenho e retenção de nitrogênio de suínos em crescimento.

Foram formuladas três rações para avaliar a eliminação e retenção de nitrogênio de suínos em crescimento (Noblet et al., 1987). Uma das rações apresentava baixa proteína (15,3%) e baixa lisina (0,67%). Em outra, o teor de proteína foi considerado baixo (15,3%), mas houve suplementação com L-lisina (0,80%) e DL-triptofano para atender as exigências de lisina e demais aminoácidos essenciais. Uma ração com alta concentração de proteína (17,8%) e alta lisina (0,81%) também foi avaliada. Os autores verificaram que os suínos alimentados com a ração de alta proteína e alta lisina excretaram 5,8 g de nitrogênio diário a mais que os animais consumindo a ração baixa proteína e alta lisina. Não ocorreu diferença na retenção de nitrogênio entre as rações com alta lisina. Isso significa que é possível reduzir os teores de proteína bruta desde que as exigências de aminoácidos essenciais sejam atendidas (Noblet et al., 1987).

Khepart & Sherritt (1990) conduziram cinco experimentos utilizando 216 suínos (machos e fêmeas) com peso médio inicial variando de 19,9 a 23,7 kg de peso vivo. O objetivo dos autores foi comparar o desempenho e o balanço de nitrogênio de suínos alimentados com ração controle (17% PB; 0,8% Lisina) e rações com baixo teor de proteína bruta (10,9% PB; 0,8 Lisina) suplementadas

com L-lisina HCl, L-triptofano, L-treonina, DL-metionina e L-valina, para corrigir as deficiências de aminoácidos. Os suínos consumindo rações com baixos teores de proteína bruta obtiveram menor ganho de peso, menor consumo de ração e pior conversão alimentar. Apesar da menor excreção de nitrogênio (56%), as rações de baixa proteína propiciaram menor retenção de nitrogênio (36%) que a ração controle.

Experimentos foram realizados por Gatel & Grosjean (1992) para estudar o efeito da redução da proteína bruta e adição de aminoácidos sintéticos (L-lisina, L-treonina e L-triptofano) sobre a excreção e balanço de nitrogênio. Os pesquisadores não verificaram diferenças na retenção de nitrogênio de suínos alimentados com rações contendo 17 e 15,5% de proteína bruta, na fase de crescimento, e 14,5 e 13,5% de proteína na fase de terminação. Contudo, a excreção urinária e total de nitrogênio foi reduzida significativamente (15 a 20%).

O desempenho e as características de carcaça de 180 suínos alimentados com rações cujo teor de proteína foi reduzido em quatro pontos percentuais nas fases de creche e crescimento (19 *versus* 15 e 16 *versus* 12, respectivamente) e três pontos percentuais na fase de terminação (14 *versus* 11) foram avaliados por Kerr et al. (1995). Os autores ainda testaram os efeitos das rações com baixa proteína com e sem suplementação de aminoácidos sintéticos. As rações com baixos teores de proteína bruta e sem aminoácidos sintéticos propiciaram redução significativa no ganho de peso médio diário e conversão alimentar. Quando essas rações tiveram adição de L-lisina, L-treonina e L-triptofano, o ganho de peso e a conversão alimentar foram semelhantes aos obtidos com a ração controle. Nesse experimento, foi observado que os suínos alimentados com as rações de baixos teores de proteína bruta apresentaram maior espessura de toucinho que aqueles alimentados com a ração controle (16% de PB).

Em outro estudo, Kerr & Easter (1995) forneceram, para suínos em crescimento (peso médio inicial de 21,7 kg), rações constituídas de milho e farelo de soja para avaliar o efeito do teor de proteína bruta na retenção e excreção de nitrogênio. Os tratamentos experimentais foram: 1) 16% de PB; 2) 12% de PB e suplementada com aminoácidos essenciais (AAE) e não essenciais (AANE) para simular a ração 16% de PB; 3) 12% de PB e suplementada com L-lisina, L-triptofano, L-treonina e aminoácidos não essenciais; 4) 12% de PB e suplementada com L-lisina, L-triptofano e L-treonina; e 5) 12% de PB, que foi o controle negativo. A suplementação de AAE e AANE as rações com 12% de PB resultou em maior retenção de nitrogênio. Não houve diferenças na eliminação de nitrogênio urinário entre as rações com 16 e 12% de proteína bruta, sem aminoácidos sintéticos. Contudo, quando se adicionou L-lisina, L-triptofano e L-treonina na ração com 12% de proteína ocorreu menor eliminação de nitrogênio na urina. A cada ponto percentual de redução no conteúdo de proteína da ração houve redução de 11% no nitrogênio urinário. Foi observado que a suplementação de aminoácidos sintéticos na ração com 12% de proteína bruta aumentou a retenção de nitrogênio em relação à ração com 12%, sem aminoácidos sintéticos. Mesmo assim, a ração com 16% de proteína bruta propiciou maior retenção de nitrogênio que as demais.

Setenta e duas fêmeas foram usadas para avaliar a redução do teor de proteína bruta da ração de suínos nas fases de crescimento (20-55 kg de PV) e terminação (55-100 kg de PV). Foram avaliadas características de desempenho e carcaça. Em cada uma das fases foram avaliadas três rações (16,6; 15; 13 e 14,2; 12,8 e 11% de proteína, no crescimento e terminação, respectivamente). Os aminoácidos L-lisina, L-treonina, L-triptofano, L-isoleucina e L-valina foram adicionados para evitar deficiências de aminoácidos essenciais. Não houve efeito do teor de proteína bruta quando foram considerados a fase de crescimento e o período total. Na fase de terminação, o ganho de peso tendeu a ser menor e a

eficiência alimentar foi pior nos suínos alimentados com a ração de 11% de PB (Tuitoek et al., 1997a). De acordo com os autores, houve uma tendência de aumento na espessura de toucinho com a redução do teor de proteína bruta, embora o rendimento de carne na carcaça não foi influenciado pelos tratamentos.

Em outro experimento, Tuitoek et al. (1997b) determinaram o efeito de rações com diferentes quantidades de proteína bruta na composição química da carcaça de suínos. Foram avaliadas três rações na fase de crescimento (16,6; 15 e 13% de proteína) e três rações na fase de terminação (14,2; 12,8 e 11% de proteína). O conteúdo de gordura da carcaça foi maior nos suínos alimentados com as rações com baixa quantidade de proteína (13 e 11% nas fases de crescimento e terminação, respectivamente). Contudo, as taxas de retenção de proteína e deposição de gordura não foram influenciadas pelos tratamentos.

Mongé et al. (1997) estudaram o efeito do teor de proteína bruta no balanço de nitrogênio de suínos com alta capacidade de retenção de carne magra na carcaça. No primeiro experimento foram fornecidas rações com alta (15,3%) e baixa (12,7%) quantidade de proteína bruta para suínos dos 24 aos 32 kg de peso vivo. Em outro experimento, rações com alta (15,6%) e baixa (12,6%) teor de proteína bruta foram fornecidas a suínos dos 44 aos 61 kg de peso vivo. No terceiro experimento, foram avaliadas rações com alta (15,5%) e baixa (11,6) concentração de proteína para suínos dos 100 aos 115 kg de peso vivo. Foram adicionados aminoácidos sintéticos às rações com baixos teores de proteína para evitar deficiências. A cada ponto percentual de redução no conteúdo de proteína da ração houve um decréscimo de 11% no nitrogênio total eliminado. O teor de proteína não influenciou a retenção de nitrogênio em nenhum dos experimentos realizados.

Knowles et al. (1998) realizaram três experimentos para avaliar se o desempenho e as características de carcaça de suínos são alterados pelo teor de

proteína bruta da ração. O desempenho dos suínos alimentados com ração de baixa proteína foi similar ao daqueles alimentados com rações convencionais em dois experimentos. No terceiro experimento, a conversão alimentar foi pior nos animais submetidos à ração de baixa proteína bruta. Os autores concluíram que as rações com baixo teor de proteína bruta, suplementadas com aminoácidos sintéticos, poderão ser utilizadas na prática, pois causam mínimos efeitos no desempenho e características de carcaça de suínos.

Os efeitos da quantidade de PB da ração (10%, 12% e 16%) no consumo de água e excreção de nitrogênio foram avaliados por Suzuki et al. (1998). Os suínos consumindo a ração 10% e 12% consumiram menor quantidade de água (83% e 73% menos, respectivamente) e excretaram menos nitrogênio na urina (46% e 43%, respectivamente) que o grupo controle (16% de PB).

Em estudo realizado para estudar o efeito do teor de proteína bruta na excreção de nitrogênio e emissão de amônia, Canh et al. (1998) constataram que houve redução de 45% na eliminação de nitrogênio urinário quando o teor de proteína da ração baixou de 16,5% para 12,5%. Da mesma maneira, rações com menor proteína bruta reduzem significativamente a emissão de amônia.

Le Bellego et al. (2001) realizaram estudos para avaliar o efeito do teor de proteína no balanço de nitrogênio de suínos em crescimento. Foram formuladas quatro rações com concentrações de proteína de 18,9; 16,7; 14,6 e 12,3%. Os aminoácidos L-lisina, DL-metionina, L-treonina, L-triptofano, L-isoleucina e L-valina foram adicionados para que as rações não fossem deficientes em aminoácidos essenciais. De acordo com os resultados obtidos pelos autores, houve um decréscimo de 58% na excreção total de nitrogênio quando se compararam as rações com 18,9 e 12,3% de proteína. Ao se compararem as mesmas rações, constata-se que não ocorreu diferença na retenção de nitrogênio, embora os suínos alimentados com a ração 12,3%

tenham apresentado retenção de nitrogênio 12% inferior aos suínos da ração com 18,9% de proteína.

A influência do teor de proteína bruta no desempenho e balanço de nitrogênio também foi estudada utilizando leitões dos 12 aos 27 kg de peso corporal. Para isso, Le Bellego & Noblet (2002) formularam rações contendo 22,4, 20,4, 18,4 e 16,9% de proteína e incluíram L-lisina, L-treonina, L-triptofano, DL-metionina, L-valina e L-isoleucina, para evitar deficiências de aminoácidos essenciais. Tanto a excreção de nitrogênio total como urinário reduziram significativamente com o decréscimo de proteína bruta das rações. Para cada ponto percentual de diminuição na proteína da ração ocorreram 12,5% de decréscimo na excreção de nitrogênio urinário. A retenção de nitrogênio não foi influenciada pelos tratamentos.

Gómez et al. (2002) avaliaram o desempenho de suínos, com potencial para altas taxas de deposição de carne magra, alimentados com rações de alta e baixa concentração de proteína bruta (16,21 *versus* 11,95%, no crescimento e 14,22 e 10,21% na terminação). Nas rações de baixa proteína bruta foram adicionados L-lisina, L-treonina, L-triptofano e DL-metionina para que não houvesse deficiências de aminoácidos essenciais. Os suínos alimentados com rações de baixa proteína bruta apresentaram, na fase de crescimento, menor ganho médio de peso, conversão alimentar e peso final. Na fase de terminação ocorreu menor ganho médio de peso e peso final. Quando todo o período experimental foi considerado, a ração de alta proteína resultou em maior ganho de peso e melhor conversão alimentar que a ração de baixa proteína.

Em um segundo experimento, Gómez et al. (2002) incluíram, além das duas rações descritas anteriormente (alta e baixa proteína), outra ração de baixo conteúdo de proteína bruta (12,3%), mas com suplementação de L-lisina, L-treonina, L-triptofano e DL-metionina para atingir as mesmas concentrações da



ração com alta proteína bruta. Da mesma forma que o estudo anterior, os autores verificam também que os suínos consumindo a ração controle tiveram maior ganho de peso e melhor conversão alimentar que os suínos dos demais tratamentos.

Doze fêmeas em crescimento foram utilizadas para verificar os efeitos da concentração de proteína bruta (18% PB *versus* 14% PB + aminoácidos; 16% PB *versus* 12% PB + aminoácidos e 14% PB *versus* 10% PB + aminoácidos) no balanço de nitrogênio. Os aminoácidos L-lisina, L-treonina, L-triptofano e DL-metionina foram adicionados nas rações com baixo teor de proteína bruta. A retenção de nitrogênio foi menor nas rações de baixa proteína, mesmo tendo concentrações semelhantes dos quatro primeiros aminoácidos limitantes (Figuerola et al., 2002). A redução do conteúdo de proteína bruta propiciou menor excreção de nitrogênio. Quando as rações com 18 e 14% de proteína foram comparadas, observou-se que a excreção de nitrogênio reduziu 21%. No caso das rações 14 e 10%, a excreção de nitrogênio diminuiu 30%. Os mesmos autores avaliaram o desempenho de suínos alimentados com seis rações que variaram no conteúdo de proteína bruta (16,3, 15,0, 14,0, 12,9, 12,2 e 10%). O consumo de ração e o ganho de peso foram maiores nos suínos submetidos as rações 13 e 14% e diminuíram nos animais alimentados com as rações 12 e 11%. A conversão alimentar foi pior no tratamento 11 em relação aos demais. Também foi verificado que a área de olho de lombo diminuiu linearmente com o decréscimo do teor de proteína da ração.

Um experimento foi realizado para verificar se a inclusão de 5% de uma fonte de fibra (casca de aveia) ou a redução do teor de proteína da ração (19,5, 16,5 e 13,6%) poderia diminuir a quantidade de nitrogênio excretado na urina (Zervas & Zijlstra, 2002a). As rações tiveram adição de L-lisina, L-treonina, DL-metionina, L-triptofano, L-isoleucina e L-valina para atender as exigências de aminoácidos essenciais. O nitrogênio urinário diminuiu cerca de 8% a cada

ponto percentual de redução do teor de proteína das rações. Houve aumento linear na retenção de nitrogênio com o decréscimo da quantidade de proteína bruta da ração. A inclusão de fibra na ração propiciou aumento na excreção de nitrogênio fecal, mas não alterou a excreção total de nitrogênio. O desempenho dos animais não foi influenciado pela inclusão de fibra e nem pelo teor de proteína da ração.

Para determinar se a concentração de proteína bruta (18,5 e 15,7%, controle e baixa proteína, respectivamente) ou a fonte de fibra (controle, casca de soja e polpa de beterraba) poderiam alterar o padrão de excreção de nitrogênio, foi conduzido um experimento utilizando 36 suínos castrados (Zervas & Zijlstra, 2002b). A eliminação de nitrogênio total e urinário foi reduzida devido ao consumo da ração com baixo conteúdo de proteína (18 e 28%, respectivamente). Entretanto, ocorreu menor retenção de nitrogênio nos suínos alimentados com a ração de baixa proteína. A inclusão de fibra propiciou decréscimo de nitrogênio na urina, mas não a excreção total de nitrogênio.

A adição de fibra em rações de baixa concentração de proteína pode ser uma maneira de aumentar o nitrogênio excretado nas fezes em detrimento do nitrogênio urinário. Para testar essa hipótese, Shriver et al. (2003) realizaram dois experimentos. No primeiro experimento, 36 suínos castrados foram distribuídos nos seguintes tratamentos: 1) ração com 18% de proteína; 2) ração com 14% de proteína; 3) ração com 14% de proteína e adição de 10% de casca de soja; e 4) ração com 14% de proteína e adição de 10% de polpa de beterraba desidratada. As rações com 14% de proteína foram suplementadas com L-lisina, L-treonina, DL-metionina, L-triptofano, L-valina e L-isoleucina. No segundo experimento, 72 suínos foram usados para avaliar o desempenho e características de carcaça propiciadas por três rações: 1) ração com 18% de proteína; 2) ração com 14% de proteína; e 3) ração com 14% de proteína e adição de 10% de casca de soja. Os autores verificaram que é possível reduzir

10% de nitrogênio excretado total a cada ponto percentual de redução no conteúdo de proteína da ração. A adição de fibra propiciou aumento na proporção do nitrogênio eliminado nas fezes em detrimento da urina. Houve redução na retenção de nitrogênio dos suínos alimentados com a ração de baixa proteína. Por outro lado, tanto o teor de proteína como de fibra, não influenciaram o desempenho dos suínos. A maioria das características de carcaça foi semelhante entre os tratamentos, exceto a espessura de toucinho dos animais consumindo a ração com baixa proteína e sem adição de fibra.

A influência de rações com baixa concentração de proteína (14,95, 12,10, 10,23 e 9,10%) na utilização e excreção de nitrogênio foi determinada por Otto et al. (2003). Os aminoácidos L-lisina, L-treonina, DL-metionina, L-triptofano, L-valina, L-isoleucina, L-leucina, L-fenilalanina, L-histidina e L-ácido glutâmico foram usados para suprir as deficiências de aminoácidos essenciais e não essenciais. As rações com 14,95 e 9,10% de proteína propiciaram decréscimo no nitrogênio total eliminado (63%) e o nitrogênio urinário foi o mais influenciado (50%). A retenção de nitrogênio foi similar nos suínos alimentados com as rações 14,95 e 12,1% de proteína, mas decresceu nos demais tratamentos.

O desempenho e composição da carcaça de suínos alimentados com rações contendo diferentes teores de proteína bruta (16,2, 12,98 + L-lisina, L-treonina, L-triptofano e 12,26%) foram estudados por Kerr et al. (2003a). Esses autores verificaram que a redução do teor de proteína das rações de suínos em crescimento pode ser reduzida em até quatro pontos percentuais sem alterações no ganho de peso, conversão alimentar e concentração de proteína e lipídios da carcaça, desde que não haja deficiências de aminoácidos essenciais.

Três rações variando no teor de proteína bruta (16,77, 13,02 + L-lisina, L-treonina, L-triptofano e 12,90% sem suplementação de aminoácidos

sintéticos) foram usadas para avaliar o desempenho de suínos submetidos a duas temperaturas ambientais (23 e 33° C). Na temperatura de 23° C, os suínos alimentados com as rações sem adição de aminoácidos sintéticos tiveram conversão alimentar pior em relação aos demais. No caso dos animais alojados em temperatura de 33° C, a conversão alimentar foi menor na ração com 16,77% de proteína, seguida pelas rações com 13,02 e 12,9, respectivamente (Kerr et al. 2003b).

Le Bellego et al. (2002) realizaram experimento para testar se a redução do conteúdo de proteína bruta de rações de suínos altera o desempenho e a composição de carcaça. Os aminoácidos sintéticos: L-lisina, L-treonina, DL-metionina, L-triptofano, L-valina e L-isoleucina foram incluídos para prevenir possíveis deficiências de aminoácidos essenciais. Os autores confirmaram a possibilidade de reduzir em até quatro pontos percentuais o teor de proteína da ração, sem prejuízos no desempenho e características de carcaça dos suínos.

Diferentes rações (18,9%, 16,7%, 14,6% e 12,3% de proteína bruta) foram formuladas para verificar se a concentração de proteína influencia o balanço de nitrogênio (Le Bellego et al., 2001). Verificou-se que houve redução linear na quantidade de nitrogênio eliminado, principalmente na urina, em razão da menor quantidade de proteína da ração. A diminuição de 6,5% no conteúdo de PB resultou em 58% menos nitrogênio excretado. Isto significa que a cada ponto percentual de redução na concentração de PB cerca de 10% menos de nitrogênio é eliminado. A retenção de nitrogênio foi similar entre os suínos, independentemente do teor de PB da ração. Mesmo assim, os suínos alimentados com a ração de menor PB (12,3%) tiveram RN 12% menor em relação aos animais de ração controle (18,9% de PB).

### **2.2.2 Teor de proteína bruta da ração e a composição corporal**

Muitos pesquisadores têm estudado a influência do teor de proteína bruta na deposição tecidual e retenção de energia em suínos.

Há um decréscimo na produção de calor quando se diminui o conteúdo de proteína bruta da ração (Just, 1982; Noblet et al., 1987). Acredita-se que tais efeitos ocorram devido ao menor peso dos órgãos e taxa de síntese e degradação protéica, observados em animais consumindo rações com baixa quantidade de proteína (Noblet et al., 1987; Chen et al., 1995; Roth et al., 1999).

Estudos confirmam haver aumento nos pesos relativos do fígado, rins, pâncreas e intestino grosso devido ao maior consumo de proteína (Bikker et al., 1994). Há uma correlação alta e positiva entre produção de calor no jejum e o peso de órgãos metabolicamente ativos (Kong et al., 1983). Os órgãos viscerais têm um metabolismo elevado e são responsáveis por uma parcela significativa das exigências de manutenção (Noblet et al., 1987).

A taxa de síntese e degradação de proteína corporal é determinada, em parte, pela quantidade de proteína ingerida, ou seja, quanto maior o consumo de proteína, maior será o turnover protéico (Roth et al., 1999). A taxa de síntese e degradação de proteína corporal exerce influência no metabolismo energético. Simon (1989) afirma que a síntese total de proteína em suínos na fase de crescimento é cinco vezes maior que a taxa de deposição. É possível que esta seja a explicação para o alto custo energético da síntese de proteína. De acordo com Buttery & Boorman (1976), o custo diário de síntese e degradação de proteína equivale a cerca de 15% da energia ingerida.

Suínos consumindo rações com baixa quantidade de proteína perdem menos energia na urina (Just 1982; Noblet et al., 1987; Moehn & Susenbeth, 1995) devido à menor síntese e excreção de uréia urinária (Le Bellego et al., 2001). A concentração de uréia na urina é usada como um indicador da oxidação

de proteína ingerida (Fuller et al., 1987). Estima-se que a cada grama adicional no consumo de proteína digestível haverá aumento na energia perdida na urina de aproximadamente 6,8 kcal (Le Bellego et al., 2001).

A deaminação de aminoácidos, síntese e excreção de uréia urinária, turnover de proteína e produção de calor diminuem quando se reduz a concentração de proteína da ração. Com isto, parece lógico que vários pesquisadores afirmem que com o decréscimo do conteúdo de proteína da ração haverá mais energia disponível para a deposição tecidual (Noblet et al., 1987; Le Bellego et al., 2001). Assim, suínos alimentados com rações formuladas para ter concentrações reduzidas de proteína, mas adequadas em aminoácidos essenciais, apresentam maior quantidade de gordura na carcaça em relação aos suínos alimentados com rações convencionais (Tuitoek et al., 1997a; Le Bellego et al., 2001). A maior parte dos experimentos conduzidos para avaliar esta hipótese foi conduzida com suínos na fase de terminação. Uma exceção é o estudo realizado por Le Bellego & Noblet (2002), no qual não se verificou influência do teor de proteína da ração na composição corporal de suínos com peso final de 27 quilogramas.

O conceito de energia líquida (EL) deve ser usado para formular rações com diferentes concentrações de proteína bruta, conforme sugere Noblet (1999). Esta seria a suposta solução para evitar acúmulo excessivo de gordura na carcaça de suínos alimentados com rações de baixa proteína.

Sabe-se que nem toda a EM fica disponível para a produção animal (Kielanowsky, 1969). As características químicas do alimento (açúcares, aminoácidos, ácidos graxos de cadeia longa ou ácidos graxos voláteis) influenciam na eficiência com que a EM é convertida para EL (Noblet, 1994). Além disso, conforme Le Bellego et al. (2001), a eficiência de utilização metabólica da EM para produção de energia líquida (EL) é dependente de como

é depositada, ou seja, da decomposição da energia nos diversos produtos animal (proteína, lipídeo e leite). Resultados de estudos conduzidos com suínos em crescimento confirmam que a eficiência de utilização da EM da ração é maior quando os conteúdos de gordura e amido são elevados e, menor quando a concentração de proteína ou fibra aumenta (Noblet et al., 1994). A EM fornecida pelo extrato etéreo digestível, amido, açúcar, proteína bruta digestível e fibra digestível apresenta eficiência de conversão, para EL, de 90; 82; 72; 50 e 54%, respectivamente (Noblet et al., 1994). Bioquimicamente, há necessidade de 20% mais EM para formação de ATP quando ele é formado a partir da proteína (Schulz, 1978).

Quando se consideram os principais ingredientes usados na alimentação de suínos criados no Brasil, a redução do teor de proteína bruta da ração resultará em decréscimo na concentração de farelo de soja e aumento do milho. Em outras palavras, haverá substituição de proteína por amido, resultando no aumento da quantidade de energia disponível para deposição de tecido adiposo.

### **2.3 Limite para redução do teor de proteína da ração**

Os suínos apresentam uma exigência diária de aminoácidos essenciais e de uma fonte de nitrogênio para síntese de aminoácidos não essenciais. Em teoria, o limite para redução do teor de proteína bruta é aquele que atende as necessidades de manutenção e produção. Na prática, o limite de redução é dependente da quantidade de aminoácidos sintéticos disponíveis comercialmente (Le Bellego et al., 2001) e do custo destes aminoácidos. Desde 1980 há produção em escala comercial de DL-metionina, L-lisina HCl, L-treonina e L-triptofano. De acordo com Toride (2002), em breve aminoácidos como isoleucina, valina e arginina estarão disponíveis para uso na produção animal.

A utilização de aminoácidos sintéticos é amplamente recomendada, embora alguns pesquisadores afirmem que há limites para a inclusão destes nutrientes na ração. Muitas vezes, observa-se menor retenção de nitrogênio quando a redução de proteína é significativa, ou seja, quando três ou quatro aminoácidos sintéticos são adicionados à ração (Verstegen & Jongbloed, 2002). Existem evidências de que a absorção de aminoácidos sintéticos é mais rápida comparada à absorção de aminoácidos presentes na proteína dos alimentos (Partridge et al., 1985). Yen et al. (1991) também sugeriram que lisina e treonina são absorvidas e transportadas para a veia porta mais rapidamente quando são fornecidas na forma sintética. A diferença na velocidade de absorção causaria um provável desequilíbrio nos sítios celulares de síntese de proteína, o que explicaria o menor desempenho observado muitas vezes em suínos alimentados com rações contendo aminoácidos sintéticos. Há dados experimentais indicando que esta hipótese é verdadeira somente quando os animais são alimentados uma vez ao dia (Batterhan & Bayley, 1989). Contudo, a maior parte destes experimentos foi conduzida tendo a lisina como único aminoácido sintético. Quando todo o nitrogênio da ração foi derivado de aminoácidos sintéticos, não foi possível obter desempenho semelhante ao proporcionado por ração convencional, independentemente da frequência de alimentação (Officer et al., 1997), embora haja resultados contraditórios (Chung & Baker, 1992; Baker Chung, 1994; Le Bellego et al., 2001).

A redução do teor de proteína bruta pode ser limitada pelo fornecimento mínimo de aminoácidos não essenciais. Kerr & Easter (1995) verificaram que uma ração com 12% de proteína bruta suplementada com lisina, treonina e triptofano resultou em desempenho inferior ao obtido com a ração contendo 16% PB, formulada segundo as recomendações do NRC (1998). Para testar se o problema foi devido à deficiência de aminoácidos essenciais (AAE) outros que lisina, treonina e triptofano, ou devido à deficiência de aminoácidos não



essenciais (AANE), os mesmos autores realizaram um segundo experimento e verificaram que os animais responderam à inclusão de AANE. Isto implica que o desempenho de suínos alimentados com rações contendo baixos teores de proteína bruta pode ser limitado pela deficiência de AANE. Vários pesquisadores têm procurado estabelecer uma relação ideal entre nitrogênio essencial e nitrogênio total (NE:NT). Heger et al. (1998), fornecendo rações purificadas e com diferentes relações NE:NT, observaram que a melhor RN foi obtida na relação 0,46. Em outro experimento, Lênis et al. (1999) também verificaram que a relação ótima entre NE:NT está próxima de 0,50. Os autores também constataram que a relação NE:NT é fundamental em rações com baixos teores de proteína bruta. Estes resultados indicam a existência de uma relação ideal entre NE:NT que pode otimizar o uso do nitrogênio ingerido. O excesso de AANE é uma pré-condição para ótima RN, pois uma alta disponibilidade metabólica de AAE diminui a quantidade de transformação de AAE em AANE (Roth et al., 1999).

#### **2.4 Efeito do teor de proteína da ração nos metabólitos do sangue e urina**

A concentração de alguns metabólitos no sangue constitui uma ferramenta utilizada para descrever o estado nutricional de suínos.

Os mamíferos têm capacidade limitada para armazenar aminoácidos e o excesso ingerido é deaminado e usado para síntese de uréia nos hepatócitos (Wright, 1995). Assim, o conteúdo de uréia sangüínea serve como indicador da qualidade da proteína fornecida aos suínos (Brown & Cline, 1974; Coma et al., 1995). Rações de baixa proteína, suplementadas com aminoácidos essenciais, propiciam menor concentração de uréia no sangue (Gómez et al., 2002; Kerr et al., 2003b).

A creatinina sangüínea origina-se da creatina muscular, a partir de uma reação não enzimática e irreversível. A formação da creatinina ocorre a uma taxa diária constante de aproximadamente 2% do total de creatina. O conteúdo de creatinina é altamente correlacionado com o peso corporal e com a quantidade de carne magra na carcaça de bovinos e suínos (Deguchi, 1998; Cameron et al. 2003).

A albumina é a principal proteína do sangue e representa cerca de 35 a 50 % do total de proteínas séricas. Sua concentração no sangue é um bom indicador da síntese hepática de albumina (Ruot et al. 2000). Baixas concentrações de albumina no soro refletem insuficiência hepática ou deficiência no fornecimento de aminoácidos na dieta (González et al., 2002).

Muitos autores têm usado a concentração de albumina no sangue para avaliar a qualidade de nutrição protéica do animal (Atinmo et al. 1976; Babatunde et al., 1990). Matthews et al. (1998) constataram que rações com quantidade inadequada de proteína provocaram decréscimo nas concentrações de albumina no soro sangüíneo de suínos. Contudo, estes autores ressaltam que a albumina provavelmente seja reflexiva do status de proteína no longo prazo, ao contrário das demais proteínas séricas. Tais considerações são coerentes, tendo em vista que a meia vida da albumina é superior a 14 dias e, em decorrência, talvez não seja sensível a variações de curto prazo no status protéico.

Nem todos os nutrientes consumidos são absorvidos no trato gastrointestinal dos suínos. A maior parte do nitrogênio fecal se origina dos alimentos ingeridos e não absorvidos, mas nitrogênio dos sucos digestivos, descamações celulares e bactérias intestinais também aparecem nas fezes. Já na urina, o nitrogênio tem origem nos subprodutos do metabolismo.

Ao contrário dos carboidratos e lipídeos, os aminoácidos não podem ser armazenados nos tecidos. O excesso de aminoácidos é catabolizado e

transformado em amônia que, devido a sua toxicidade, é convertida em glutamina, liberada na corrente sanguínea e conduzida ao fígado para ser convertida em uréia (Wright, 1995). A uréia representa em torno de 95% do nitrogênio total da urina (Canh et al., 1998).

Moughan et al. (1987) conduziram um experimento para avaliar a excreção de metabólitos urinários em suínos e constataram que 52% do nitrogênio total eliminado, na urina, estavam na forma de uréia (assumindo que cerca de 46% da molécula de uréia é nitrogênio).

As concentrações de uréia urinária e a proporção do nitrogênio total eliminado que está na forma de uréia são variáveis e dependem de muitos fatores.

## **2.5 O poder poluente dos dejetos**

Os sistemas intensivos de criação de suínos originaram grandes quantidades de dejetos. De acordo com Oliveira (1993), um suíno em crescimento e terminação (25-100 kg) produz cerca de sete quilogramas de dejetos líquidos por dia, embora muitos fatores influenciem o volume de dejetos produzidos (Perdomo et al., 2003).

A utilização dos dejetos como fertilizantes é a alternativa preferida pelos agricultores (Seganfredo, 1999), mas o uso indiscriminado pode causar inúmeros danos ao ambiente (Burton, 1997), como acúmulo de nutrientes no solo e excesso de nitratos na água. Isto acontece devido ao desequilíbrio entre composição química dos dejetos e a quantidade de nutrientes exigida pelas plantas (Seganfredo, 1999).

O dejetos de suínos é composto basicamente de fezes, urina e pela água usada na limpeza das instalações. Quimicamente, contém quantidades

consideráveis de nitrogênio, fósforo e potássio. O nitrogênio é um dos principais componentes poluentes e está presente em altas concentrações nos dejetos de suínos. Cerca de 10 a 18 % dos sólidos totais dos dejetos são nitrogênio (Oliveira, 1993), que está principalmente na forma orgânica e amoniacal.

Os suínos eliminam nitrogênio nas fezes e urina. A urina é a principal via de excreção de nitrogênio. Cerca de 90% do nitrogênio total eliminado pelos suínos é encontrado na urina. O produto final da excreção nitrogenada é a uréia, que é sintetizada nos hepatócitos e filtrada pelos rins. A uréia urinária é rapidamente hidrolisada pela urease, enzima produzida por microorganismos presentes nas fezes, transformando-se em amônia, um composto mais leve que o ar, hidrossolúvel e com odor irritante. O nitrogênio ligado organicamente nas fezes é também uma fonte de nitrogênio para formação de amônia. A amônia é o gás oriundo dos dejetos que mais ocasiona problemas ambientais, pois sua volatilização pode causar diversos problemas que incluem o decréscimo no desempenho dos suínos, riscos à saúde dos operadores, poluição atmosférica e redução no poder fertilizante pela perda de nitrogênio para o ar. A emissão de amônia pode ser diminuída pela nutrição. De acordo com Aarnink et al. (1993), a redução de um ponto porcentual no teor de proteína da ração reduz a emissão de amônia em aproximadamente 10%.

Outro problema gerado pela aplicação exagerada de nitrogênio no solo é a formação excessiva de nitratos. O nitrato movimenta-se facilmente no solo, contaminando os reservatórios de água subterrânea. Em regiões onde a densidade de suínos é elevada, verifica-se alta concentração de nitratos nos reservatórios de água. O excesso de nitratos nos alimentos e na água pode causar muitos danos à saúde humana e de animais domésticos, pois diminui a capacidade de transporte de oxigênio no sangue (NRC, 1998). A emissão excessiva de nitritos pode contribuir para a destruição da camada de ozônio.

A fermentação do material orgânico dos dejetos, como a proteína, resulta na produção de odores que são uma fonte de poluição e podem representar um entrave para a intensificação da suinocultura (Mackie et al., 1998), além de representar risco à saúde humana (Schiffman, 1998). Mais de 2000 compostos voláteis foram identificados nos dejetos suínos (Verstegen & Jongbloed, 2002) e, no mínimo, 13 contribuem com o odor dos dejetos (Hobbs et al., 1996). A redução do conteúdo de proteína das rações é uma das estratégias alimentares que pode ser usada para diminuir a produção de compostos que causam odores nos dejetos suínos (Mackie et al., 1998).

Os dejetos suínos possuem uma grande capacidade poluidora em relação a outras espécies. A demanda bioquímica de oxigênio ( $DBO_5$ ) de um suíno com 85 kg de peso vivo varia de 189 a 208 g/animal/dia, enquanto a  $DBO_5$  dos dejetos domésticos é de apenas 45 a 75 g/habitante/dia (Perdomo & Lima, 1997). Por essa e outras razões é que os órgãos responsáveis pela proteção ambiental de vários estados brasileiros adotam medidas regulatórias ou recomendações para amenizar o impacto ambiental causado pelos dejetos de suínos.

## 3 MATERIAL E MÉTODOS

### 3.1 Local e época

Todos os três experimentos foram realizados no setor de suinocultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras, entre os meses de março a abril de 2002.

O município de Lavras está situado na região Sul do estado de Minas Gerais, localizado a 21° 14' de latitude sul e 45° de longitude oeste de Greenwich, com altitude média de 918 metros.

### 3.2 Animais e instalações

*Experimentos 1* - No balanço de nitrogênio foram utilizados 12 suínos ( $36,33 \pm 0,80$  kg) machos castrados, mestiços e de alto potencial para deposição de carne magra. Os suínos foram alojados individualmente em gaiolas de metabolismo, semelhantes às descritas por Pekas (1968), que permitiram a coleta de fezes e urina separadamente.

*Experimento 2* - No experimento de abate comparativo, foram usados 38 suínos ( $32,0 \pm 1,05$  kg) machos castrados, mestiços e de alto potencial para deposição de carne magra. Um grupo de oito animais foi abatido no início do experimento para determinar a composição química inicial e serviram como controle para o cálculo das taxas de retenção de proteína e deposição de lipídeos. Os 30 suínos restantes foram divididos em cinco tratamentos e alojados individualmente em baias com piso compacto, equipadas com comedouro semi-automático e bebedouro tipo chupeta.

*Experimento 3* - O experimento para coleta de sangue foi conduzido utilizando 12 suínos ( $32,0 \pm 1,05$  kg) machos castrados, mestiços e de alto potencial para deposição de carne magra. Os animais foram alojados individualmente em baias com piso compacto e equipadas com comedouro semi-automático e bebedouro tipo chupeta.

### **3.3 Período experimental**

*Experimento 1* - O experimento de balanço de nitrogênio foi realizado em dois períodos consecutivos, com duração de 12 dias cada. Em ambos os períodos, os sete primeiros dias foram destinados à adaptação dos animais às dietas experimentais e os cinco dias restantes, usados para colheita total de fezes e urina.

*Experimento 2* - O critério para término do experimento de abate comparativo foi o peso final dos animais. Ao atingirem peso aproximado de 57 kg, os animais eram abatidos e, em decorrência disso, o período experimental variou entre os tratamentos.

*Experimento 3* - O experimento de coleta de sangue foi realizado em dois períodos consecutivos, com duração de sete dias cada. Em ambos os períodos, os animais foram alimentados com as dietas experimentais durante seis dias e, então, no sétimo dia procedeu-se a colheita de sangue.

### **3.4 Rações e manejo alimentar**

*Experimento 1* - No experimento de balanço de nitrogênio os tratamentos experimentais foram quatro rações isoenergéticas e isolisínicas com diferentes teores de proteína bruta (Tabelas 1 e 2). As rações foram formuladas para manter

a relação ideal entre aminoácidos proposta por Baker (1994). A composição e os coeficientes de digestibilidade ileal verdadeira dos aminoácidos do milho e farelo de soja foram obtidos no NRC (1998). As rações foram formuladas usando a mesma partida de milho e farelo de soja e misturadas em batidas de 50 kg visando garantir a homogeneidade. Houve suplementação dos aminoácidos sintéticos L-lisina, L-treonina, DL-metionina, L-triptofano, L-leucina, L-fenilalanina e L-histidina. A digestibilidade dos aminoácidos sintéticos foi considerada como 100%. A quantidade de lisina digestível verdadeira foi calculada para atender no mínimo 0,83% da ração (NRC, 1998). A relação entre nitrogênio essencial e não essencial (NE:NT) foi calculada conforme Heger et al. (1998). Os valores de energia líquida foram calculados a partir da composição análise química das rações experimentais, de acordo com a equação sugerida por Noblet et al. (1994). Todas as rações foram suplementadas com premix vitamínicos e minerais.

Os animais foram pesados no início do período de adaptação e no início e final do período de colheita. A quantidade de ração fornecida foi de 3,5 vezes a energia de manutenção, calculada como  $106 \text{ kcal de EM/kgPV}^{0,75}$  (NRC, 1998). No período de adaptação, a quantidade de ração fornecida foi ajustada diariamente de acordo com o ganho de peso esperado. No período de colheita, a quantidade de ração fornecida foi calculada com base no peso obtido no primeiro dia de colheita e mantida constante até o final do período. A ração foi umedecida com água na proporção de 2:1 (água:ração). Após o consumo de ração, todos os suínos receberam água à vontade. Diariamente, recolheu-se a ração desperdiçada e determinou-se a matéria seca, a qual foi descontada da ração fornecida.



**TABELA 1** – Composição percentual das rações experimentais.

Ingrediente (%)	Teor de Proteína Bruta (%)			
	10	12	14	16
Milho	54,175	75,63	84,395	78,67
Amido	34,0	11,52	-	-
Farelo Soja	6,6	8,5	11,75	18,0
Fosfato Bicálcico	1,50	1,50	1,50	1,50
Calcário	0,90	0,90	0,90	0,90
Sal	0,40	0,40	0,40	0,40
Premix Vitamínico <sup>1</sup>	0,10	0,10	0,10	0,10
Premix Mineral <sup>2</sup>	0,10	0,10	0,10	0,10
L-lisina HCl	0,71	0,58	0,45	0,24
L-treonina	0,35	0,26	0,18	0,08
L-triptofano	0,10	0,08	0,05	0,01
DL-metionina	0,14	0,09	0,06	-
L-valina	0,26	0,14	0,045	-
L-isoleucina	0,25	0,15	0,07	-
L-Leucina	0,14	-	-	-
L-Fenilalanina	0,19	0,05	-	-
L Histidina	0,085	-	-	-

<sup>1</sup> Suplemento vitamínico (por kg de produto): Vit. A (8.000.000 UI), Vit. D<sub>3</sub> (1.200.000 UI), Vit. E (20.000 mg), Vit. K<sub>3</sub> (2.500 mg), Tiamina (1.000 mg), Riboflavina (4.000 mg), Piridoxina (2.000 mg), Niacina (25.000 mg), Ac. Pantotênico.(10.000 mg), Ácido fólico (600 mg), Biotina (50 mg), Vit. C (50.000 mg), Antioxidante (125 mg), Antibiótico (15.000 mg)

<sup>2</sup> Suplemento mineral (por kg de produto) : Cobre (20.000 mg), Iodo (800 mg), manganês (40.000 mg), Selênio (156 mg), Zinco (80.000 m g), Ferro (70.000 mg), Cobalto (500 mg).

**TABELA 2** – Composição química das rações experimentais

Composição	Teor de Proteína Bruta (%)			
	10	12	14	16
EM (kcal/kg)	3292	3291	3290	3300
PB (%)	9,73	12,26	14,30	16,22
Fósforo Disp. (%)	0,310	0,321	0,330	0,338
Cálcio	0,740	0,746	0,758	0,779
Lisina (100) <sup>1</sup>	0,846 (100) <sup>2</sup>	0,831 (100)	0,837 (100)	0,833 (100)
Treonina (65)	0,553 (65)	0,553 (66)	0,554 (66)	0,549 (66)
Triptofano (18)	0,159 (19)	0,162 (19)	0,157 (19)	0,153 (18)
Metionina (30)	0,258 (30)	0,253 (30)	0,256 (31)	0,255 (30)
Met + Cist (60)	0,392 (46)	0,436 (52)	0,475 (57)	0,504 (60)
Valina (68)	0,573 (68)	0,565 (68)	0,565 (67)	0,626 (75)
Isoleucina (60)	0,504 (59)	0,493 (59)	0,497 (59)	0,534 (64)
Fenilalanina (50)	0,518 (61)	0,495 (59)	0,546 (65)	0,659 (79)
Fenil + Tir (95)	0,747 (88)	0,803 (96)	0,926 (111)	1,129 (135)
Histidina (32)	0,269 (32)	0,250 (30)	0,305 (36)	0,366 (44)
Leucina (100)	0,846 (100)	0,964 (116)	1,150 (137)	1,301 (156)
Arginina (42)	0,395 (47)	0,528 (63)	0,663 (79)	0,848 (102)
NE:NT Digestível	0,48	0,39	0,33	0,30
NE:NT	0,44	0,36	0,31	0,27
BE (Na+K-Cl) <sup>3</sup>	41	75	107	148

<sup>1</sup> Relação entre lisina e demais aminoácidos sugerida por Baker (1994).

<sup>2</sup> Relação entre lisina e demais aminoácidos do presente experimento (conforme NRC, 1998).

<sup>3</sup> Expresso em miliequivalente por grama (meq/grama).

*Experimento 2* - Os tratamentos experimentais foram cinco rações isoenergéticas (com base na energia metabolizável) e isolisínicas, mas com diferentes teores de proteína bruta (Tabela 3). As rações foram formuladas para manter a relação ideal entre aminoácidos proposta por Baker (1994). A composição química e os coeficientes de digestibilidade ileal verdadeira dos aminoácidos contidos nos ingredientes foram obtidos no NRC (1998). A ração 10+NNE foi semelhante à ração 10, mas foi suplementada com nitrogênio não essencial (NNE), em substituição ao amido, para que a relação entre nitrogênio essencial e nitrogênio total (NE:NT) ficasse próxima à da ração 12. As fontes de nitrogênio não essencial (NNE) foram o ácido glutâmico, glicina e prolina, adicionados nas proporções de 60:30:10, respectivamente (Chung & Baker, 1991; Heger et al., 1998).

A quantidade de ração fornecida diariamente foi de 3,5 vezes a energia de manutenção, calculada como  $106 \text{ kcal de EM/kgPV}^{0,75}$  (NRC, 1998). Essa quantidade foi dividida em três refeições diárias, fornecidas às 7:00; 13:00 e 19:00 horas. A presença de sobras de ração no comedouro foi verificada diariamente e, se houvesse, estas eram coletadas, pesadas e descontadas do total de ração fornecida. A água estava disponível para consumo à vontade.

As rações experimentais foram formuladas com milho, farelo de soja e ingredientes não convencionais, como amido e aminoácidos sintéticos (L-lisina, L-treonina, DL-metionina, L-triptofano, L-valina, L-isoleucina, L-leucina, L-histidina, L-fenilalanina, L-glutamato, L-glicina e L-prolina). A digestibilidade dos aminoácidos sintéticos foi considerada como 100%. Para garantir a uniformidade e a qualidade da ração, utilizou-se milho e farelo de soja de um único lote e a ração experimental foi misturada em batidas de 50 kg.

**TABELA 3** – Composição percentual das rações experimentais.

Ingrediente (%)	Rações Experimentais				
	10+NNE	10	12	14	16
Milho	52,375	54,175	75,63	84,395	78,67
Amido	34,00	34,0	11,52	-	-
Farelo Soja	7,00	6,6	8,5	11,75	18,0
Fosfato Bicálcico	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Calcário	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
Sal	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Premix Vitamínico <sup>1</sup>	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Premix Mineral <sup>2</sup>	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
L-lisina HCl	0,71	0,71	0,58	0,45	0,24
L-treonina	0,35	0,35	0,26	0,18	0,08
L-triptofano	0,10	0,10	0,08	0,05	0,01
DL-metionina	0,14	0,14	0,09	0,06	-
L-valina	0,26	0,26	0,14	0,045	-
L-isoleucina	0,25	0,25	0,15	0,07	-
L-Leucina	0,14	0,14	-	-	-
L-Fenilalanina	0,19	0,19	0,05	-	-
L Histidina	0,085	0,085	-	-	-
L-Ácido Glutâmico	1,00	-	-	-	-
Glicina	0,30	-	-	-	-
Prolina	0,10	-	-	-	-

<sup>1</sup> Suplemento vitamínico (por kg de produto): Vit. A (8.000.000 UI), Vit. D<sub>3</sub> (1.200.000 UI), Vit. E (20.000 mg), Vit. K<sub>3</sub> (2.500 mg), Tiamina (1.000 mg), Riboflavina (4.000 mg), Piridoxina (2.000 mg), Niacina (25.000 mg), Ac. Pantotênico.(10.000 mg), Ácido fólico (600 mg), Biotina (50 mg), Vit. C (50.000 mg), Antioxidante (125 mg), Antibiótico (15.000 mg).

<sup>2</sup> Suplemento mineral (por kg de produto): Cobre (20.000 mg), Iodo (800 mg), Manganês (40.000 mg), Selênio (156 mg), Zinco (80.000 mg), Ferro (70.000 mg), Cobalto (500 mg).

**TABELA 4** – Composição química das rações experimentais.

Composição	Rações Experimentais									
	10+NNE		10		12		14		16	
EM (kcal/kg)	3291		3292		3291		3290		3300	
EL (kcal/kg) <sup>1</sup>	2575		2618		2557		2533		2512	
PB (%)	10,95		9,73		12,26		14,30		16,22	
Fósforo Disp. (%)	0,310		0,310		0,321		0,330		0,338	
Cálcio	0,741		0,740		0,746		0,758		0,779	
Lisina (100) <sup>2</sup>	0,845	(100) <sup>3</sup>	0,846	(100)	0,831	(100)	0,837	(100)	0,833	(100)
Treonina (65)	0,555	(66)	0,553	(65)	0,553	(66)	0,554	(66)	0,549	(66)
Triptofano (18)	0,160	(19)	0,159	(19)	0,162	(19)	0,157	(19)	0,153	(18)
Metionina (30)	0,258	(30)	0,258	(30)	0,253	(30)	0,256	(31)	0,255	(30)
Met + Cist (60)	0,392	(46)	0,392	(46)	0,436	(52)	0,475	(57)	0,504	(60)
Valina (68)	0,575	(68)	0,573	(68)	0,565	(68)	0,565	(67)	0,626	(75)
Isoleucina (60)	0,524	(62)	0,504	(59)	0,493	(59)	0,497	(59)	0,534	(64)
Fenilalanina (50)	0,521	(62)	0,518	(61)	0,495	(59)	0,546	(65)	0,659	(79)
Fenil + Tir (95)	0,752	(89)	0,747	(88)	0,803	(96)	0,926	(111)	1,129	(135)
Histidina (32)	0,270	(32)	0,269	(32)	0,250	(30)	0,305	(36)	0,366	(44)
Leucina (100)	0,843	(100)	0,846	(100)	0,964	(116)	1,150	(137)	1,301	(156)
Arginina (42)	0,402		0,395	(47)	0,528	(63)	0,663	(79)	0,848	(102)
NE:NT Digestível	0,43		0,48		0,39		0,33		0,30	
NE:NT	0,40		0,45		0,36		0,31		0,27	
BE (Na+K-Cl) <sup>4</sup>	42		41		75		107		148	

<sup>1</sup> EL = Energia Líquida, calculada utilizando equação 7 proposta por Noblet et al. (1994).

<sup>2</sup> Relação entre lisina e demais aminoácidos sugerida por Baker (1994).

<sup>3</sup> Relação entre lisina e demais aminoácidos do presente experimento (conforme NRC, 1998).

<sup>4</sup> Expresso em miliequivalente por grama (meq/grama).

Os valores de digestibilidade aparente da proteína e energia das rações experimentais foram determinados no experimento de balanço de nitrogênio.

Os animais foram pesados individualmente duas vezes por semana (segundas e quintas) para estabelecer a quantidade de ração a ser fornecida. No intervalo entre as pesagens, o consumo foi estabelecido com base no ganho de peso esperado.

*Experimento 3* - No experimento realizado para determinação dos metabólitos sanguíneos, os tratamentos experimentais consistiram de quatro rações isoenergéticas e isolisínicas que variaram no teor de proteína bruta (Tabela 5). As rações foram formuladas para manter a relação ideal entre aminoácidos proposta por Baker (1994). A composição e os coeficientes de digestibilidade ileal verdadeira dos aminoácidos do milho e farelo de soja usados nos cálculos das rações foram obtidos no NRC (1998). As rações foram formuladas usando a mesma partida de milho e farelo de soja e misturadas em batidas de 50 kg visando garantir a homogeneidade. Houve suplementação dos aminoácidos sintéticos L-lisina, L-treonina, DL-metionina, L-triptofano, L-leucina, L-fenilalanina e L-histidina. A digestibilidade dos aminoácidos sintéticos foi considerada como 100%. A estas rações foram adicionados o bicarbonato de sódio e potássio para equalizar o balanço eletrólito das rações experimentais. A quantidade de lisina digestível verdadeira foi calculada para atender no mínimo 0,83% da ração (NRC, 1998). A relação entre nitrogênio essencial e não essencial (NE:NT) foi calculada conforme Heger et al. (1998). Os valores de energia líquida foram calculados a partir da composição análise química das rações experimentais, de acordo com a equação sugerida por Noblet et al. (1994). Todas as rações foram suplementadas com premix vitamínicos e minerais.

Os animais foram pesados no início do período de adaptação e no início e final do período de colheita. A quantidade de ração fornecida foi de 3,5 vezes a energia de manutenção, calculada como  $106 \text{ kcal de EM/kgPV}^{0,75}$  (NRC, 1998). No período de adaptação, a quantidade de ração fornecida foi ajustada diariamente de acordo com o ganho de peso esperado. No período de colheita, a quantidade de ração fornecida foi calculada com base no peso obtido no primeiro dia de colheita e mantida constante até o final do período. A ração foi umedecida com água na proporção de 2:1 (água:ração). Após o consumo de

ração, todos os suínos receberam água à vontade. Diariamente, recolheu-se a ração desperdiçada, determinou-se a matéria seca, a qual foi descontada da ração fornecida.

**TABELA 5** – Composição percentual das rações experimentais.

Ingrediente (%)	Teor de Proteína Bruta (%)			
	10	12	14	16
Milho	54,175	75,63	84,39	78,67
Amido	33,10	10,92	-	-
Farelo Soja	6,60	8,50	11,45	18,0
Fosfato Bicálcico	1,50	1,50	1,50	1,50
Calcário	0,90	0,90	0,90	0,90
Sal	0,40	0,40	0,40	0,40
Premix Vitamínico <sup>1</sup>	0,10	0,10	0,10	0,10
Premix Mineral <sup>2</sup>	0,10	0,10	0,10	0,10
L-lisina HCl	0,71	0,58	0,45	0,24
L-treonina	0,35	0,26	0,18	0,08
L-triptofano	0,10	0,08	0,05	0,01
DL-metionina	0,14	0,09	0,06	-
L-valina	0,26	0,14	0,05	-
L-isoleucina	0,25	0,15	0,07	-
L-Leucina	0,14	-	-	-
L-Fenilalanina	0,19	0,05	-	-
L Histidina	0,085	-	-	-
Bicarbonato de Sódio	0,60	0,40	0,20	-
Bicarbonato de Potássio	0,30	0,20	0,10	-

<sup>1</sup> Suplemento vitamínico (por kg de produto): Vit. A (8.000.000 UI), Vit. D<sub>3</sub> (1.200.000 UI), Vit. E (20.000 mg), Vit. K<sub>3</sub> (2.500 mg), Tiamina (1.000 mg), Riboflavina (4.000 mg), Piridoxina (2.000 mg), Niacina (25.000 mg), Ac. Pantotênico.(10.000 mg), Ácido fólico (600 mg), Biotina (50 mg), Vit. C (50.000 mg), Antioxidante (125 mg), Antibiótico (15.000 mg).

<sup>2</sup> Suplemento mineral (por kg de produto): Cobre (20.000 mg), Iodo (800 mg), Manganês (40.000 mg), Selênio (156 mg), Zinco (80.000 mg), Ferro (70.000 mg), Cobalto (500 mg)

**TABELA 6** – Composição química das rações experimentais

Composição	Teor de Proteína Bruta (%)			
	10	12	14	16
EM (Kcal/kg)	3292	3291	3290	3300
PB (%)	9,73	12,26	14,30	16,22
Fósforo Disp. (%)	0,310	0,321	0,330	0,338
Cálcio	0,740	0,746	0,758	0,779
Lisina (100) <sup>1</sup>	0,846 (100) <sup>2</sup>	0,831 (100)	0,837 (100)	0,833 (100)
Treonina (65)	0,553 (65)	0,553 (66)	0,554 (66)	0,549 (66)
Triptofano (18)	0,159 (19)	0,162 (19)	0,157 (19)	0,153 (18)
Metionina (30)	0,258 (30)	0,253 (30)	0,256 (31)	0,255 (30)
Met + Cist (60)	0,392 (46)	0,436 (52)	0,475 (57)	0,504 (60)
Valina (68)	0,573 (68)	0,565 (68)	0,565 (67)	0,626 (75)
Isoleucina (60)	0,504 (59)	0,493 (59)	0,497 (59)	0,534 (64)
Fenilalanina (50)	0,518 (61)	0,495 (59)	0,546 (65)	0,659 (79)
Fenil + Tir (95)	0,747 (88)	0,803 (96)	0,926 (111)	1,129 (135)
Histidina (32)	0,269 (32)	0,250 (30)	0,305 (36)	0,366 (44)
Leucina (100)	0,846 (100)	0,964 (116)	1,150 (137)	1,301 (156)
Arginina (42)	0,395 (47)	0,528 (63)	0,663 (79)	0,848 (102)
BE (Na+K-Cl) <sup>3</sup>	140	142	140	148

<sup>1</sup> Relações entre lisina e demais aminoácidos sugerida por Baker (1994).

<sup>2</sup> Relações entre lisina e demais aminoácidos do presente experimento (conforme NRC, 1998).

<sup>3</sup> Expressos em miliequivalente por grama (meq/grama).



### **3.5 Colheita de amostras e procedimentos no abate e análise de carcaça**

*Experimento 1* - No experimento de balanço de nitrogênio, o óxido férrico foi adicionado à ração na primeira e última refeição do período de colheita (2%) e serviu como marcador fecal para determinar o início e o final da colheita, respectivamente. As fezes foram colhidas diariamente, pela manhã, e após remoção de todo material estranho (p.ex. pêlos) foram acondicionadas em sacos plásticos e armazenadas em freezer (-20° C). Ao final do período experimental, as fezes foram homogeneizadas e delas retirada uma alíquota por gaiola, as quais foram congeladas para posteriores análises químicas.

A urina foi colhida em baldes plásticos que continham 20 ml de HCl (6N) para evitar contaminação bacteriana e perdas de nitrogênio. Diariamente, o volume total de urina produzido foi filtrado, quantificado, homogeneizado e dele retirado uma alíquota (10%) que foi armazenada em refrigerador (1° Celsius). No final do período de colheita retirou-se, do volume total de urina, uma amostra que foi imediatamente enviada ao laboratório de produção animal do Departamento de Zootecnia para a determinação de nitrogênio, uréia, creatinina e ácido úrico.

*Experimento 2* - No experimento de abate comparativo, os suínos foram sacrificados após jejum de aproximadamente 14 horas. No momento do abate, os animais foram insensibilizados e procedeu-se a sangria. Todo o sangue foi colhido, quantificado e armazenado separadamente por animal. A seguir os animais foram depilados e eviscerados. Os órgãos foram separados e pesados individualmente. Após a remoção do conteúdo do trato gastrintestinal, as vísceras foram novamente pesadas e acondicionadas em sacos plásticos, devidamente identificados. Os órgãos (trato gastrintestinal, vísceras abdominais e torácicas), incluindo o sangue, ligamentos, gordura interna, cabeça, pés e cauda, foram acondicionados, separadamente, em um único saco plástico por

animal, que foi armazenado em congelador (-20° C). A carcaça foi dividida ao meio com um corte longitudinal, ao longo da coluna vertebral, e a metade esquerda foi resfriada por um período de 24 horas. Posteriormente, as carcaças (sem cabeça, pés e cauda) foram divididas em pequenos cubos, acondicionadas em sacos plásticos e armazenadas em congelador (-20° C). Tanto as carcaças como os órgãos viscerais (incluindo sangue, ligamentos, gordura interna, cabeça, pés e cauda) foram moídos três vezes (peneira 2 mm) antes de se retirar uma amostra homogênea por animal. A seguir as amostras foram encaminhadas para processamento e análises laboratoriais. A energia retida e a sua decomposição entre proteína e gordura foram calculadas de acordo com procedimento descrito por Noblet et al. (1987).

*Experimento 3* – A primeira colheita de sangue foi realizada com os animais em jejum e a segunda três horas após a primeira refeição, em ambos períodos. O sangue foi retirado do seio orbital com auxílio de uma agulha e colhido em vidros esterilizados que foram mantidos em temperatura ambiente até formação do coágulo. Posteriormente, o sangue foi centrifugado (3.000 rpm por 10 minutos) e o soro, retirado com auxílio de pipeta e acondicionados em tubos que foram armazenados em congelador (-20° C).

### **3.6 Análises Laboratoriais**

*Experimento 1* – Os ingredientes, rações e fezes foram moídos antes da realização das análises químicas. A matéria seca dos ingredientes, rações e fezes foi determinada em estufa com ventilação forçada (65° C) até atingir peso constante e, posteriormente, em estufa (105° C) por 24 horas. O nitrogênio dos ingredientes, rações, fezes e urina foi determinada usando o método de Kjeldahl (AOAC, 1990). Uma bomba calorimétrica adiabática (Parr instruments co.) foi utilizada para determinar a energia bruta dos ingredientes, rações, fezes e urina.

A fibra em detergente ácido (FDA) e a fibra em detergente neutro (FDN) foram analisadas usando metodologia descrita por Van Soest (1967). O extrato etéreo, cinzas e amido foram determinados conforme metodologias descritas por Silva & Queiroz (2002).

*Experimento 2* – Os ingredientes e rações foram moídos e submetidos a análises químicas. O conteúdo de nitrogênio dos ingredientes e rações foi determinado usando o método Kjeldahl (AOAC, 1990). A energia bruta dos ingredientes e rações foi determinada com bomba calorimétrica adiabática (Parr instruments co.). A fibra em detergente ácido (FDA) e a fibra em detergente neutro (FDN) foram analisadas usando metodologia descrita por Van Soest (1967). O extrato etéreo, cinzas e amido foram determinados seguindo metodologias descritas por Silva & Queiroz (2002).

As análises da carcaça e vísceras foram realizadas em duplicata. Para determinação da matéria seca, amostras foram mantidas em estufa a 65° C até peso constante e, posteriormente, em estufa a 105° C por 24 horas. Todas as amostras de carcaça e de vísceras foram liofilizadas antes das análises químicas. O nitrogênio destas frações foi quantificado usando o método de Kjeldahl (AOAC, 1990). As concentrações de extrato etéreo e cinzas foram determinadas usando metodologias descritas por Silva & Queiroz (2002). Os valores de energia bruta foram determinados usando bomba calorimétrica (Parr instruments co.).

*Experimento 3* – No sangue foram determinadas as concentrações de uréia, creatinina, albumina, glicose e triglicerídeos. Na urina foram determinadas as concentrações de uréia, creatinina e ácido úrico. A uréia foi quantificada pelo método enzimático colorimétrico com urease. A creatinina foi determinada pela reação com picrato alcalino e quantificada através de leituras fotocolorimétricas. A albumina foi determinada pela reação com verde bromocresol e medida por

fotocolorimetria. A glicose e os triglicerídeos foram determinados pelo método enzimático colorimétrico e o ácido úrico, pelo método enzimático colorimétrico. As determinações dos metabólitos no soro sanguíneos e urinários foram realizadas utilizando kits comerciais.

### 3.7 Análises Estatísticas

*Experimento 1* - O experimento foi realizado usando um delineamento changeover balanceado em dois períodos e com quatro tratamentos, conforme Gill & Magee (1976). As análises estatísticas dos dados foram realizadas usando o PROC GLM do SAS<sup>®</sup>. Os efeitos do tratamento, animal e período experimental foram decompostos e analisados de acordo com o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + A_j + P_k + e_{ijk} ,$$

Em que:

$Y_{ijk}$  é a variável dependente,

$\mu$  é a média geral;

$T_i$  é o efeito de tratamento ( $i = 1, 2, 3$  e  $4$ );

$A_j$  é o efeito do animal ( $j = 1, 2, \dots, 12$ );

$P_k$  é o efeito do Período ( $k = 1, 2$ ) e

$e_{ijk}$  é o erro experimental associado às observações.

As variáveis analisadas foram ganho de peso médio diário, consumo de ração médio diário, conversão alimentar, consumo de lisina, consumo de energia metabolizável, relação entre lisina e energia metabolizável ingerida, consumo de nitrogênio, nitrogênio eliminado nas fezes, nitrogênio eliminado na urina, nitrogênio eliminado total, nitrogênio retido, utilização de nitrogênio e digestibilidade do nitrogênio, energia eliminada nas fezes, energia eliminada na urina, energia digestível, energia metabolizável e relação entre energia metabolizável e digestível das rações experimentais.

No caso de a análise de variância indicar significância para tratamentos, a soma de quadrados foi decomposta em efeitos linear e quadrático usando contrastes ortogonais. Utilizou-se o procedimento CONTRAST do SAS para realização dessa análise. Nesse caso, considerou-se que os teores de proteína foram igualmente espaçados.

*Experimento 2* - O delineamento experimental utilizado foi o bloco casualizado, sendo que o critério para formação dos blocos foi o peso inicial. O peso de abate foi usado como covariável nas variáveis deposição proteína, lipídeos e energia.

As variáveis analisadas foram peso inicial, peso final, dias para atingir peso de abate, peso corporal vazio, relação entre peso corporal vazio e peso final, consumo de ração médio diário, ganho de peso médio diário, conversão alimentar, peso de carcaça, rendimento de carcaça, peso de fígado, peso de rins, peso de pâncreas, peso de coração, peso de estômago, peso de intestino delgado, peso de intestino grosso, peso do trato gastrointestinal total, peso do trato gastrointestinal e órgãos viscerais, teor de umidade do corpo vazio, teor de proteína do corpo vazio, teor de gordura do corpo vazio e teor de cinzas do corpo vazio, retenção de proteína no corpo vazio, deposição de lipídeos do corpo vazio, deposição de cinzas do corpo vazio, eficiência de utilização da lisina,

consumo de energia metabolizável, eficiência de utilização da energia metabolizável, consumo de energia líquida e eficiência de utilização da energia líquida.

O modelo estatístico usado para análise dos dados foi:

$$Y_{ijk} = \mu + B_i + T_j + e_{ij},$$

Em que:

$Y_{ij}$  é a variável dependente;

$\mu$  é a média geral;

$B_i$  é o efeito de bloco ( $i = 1$  e  $2$ );

$T_j$  é o efeito de tratamento ( $j = 1, 2, 3, 4$ );

$e_{ij}$  é o erro experimental associado às observações.

Quando o teste F da análise de variância foi significativo para o efeito de tratamento, a diferença entre tratamentos foi avaliada pelo teste de *t múltiplo*, usando a opção LSD do SAS (Saville, 1990; Tuitoek et al., 1997; Le Bellego et al., 2001). Considerou-se que houve significância estatística sempre que a probabilidade de cometer o erro tipo I foi inferior a 0,05. As análises estatísticas foram realizadas usando o PROC GLM do SAS.

*Experimento 3* – O experimento foi realizado usando um delineamento changeover balanceado em dois períodos e com quatro tratamentos, conforme Gill & Magee (1976). As análises estatísticas dos dados foram realizadas usando o PROC GLM do SAS®.

As variáveis analisadas foram concentração de uréia, creatinina, albumina, glicose e triglicerídeos no soro sanguíneo. Na urina as variáveis analisadas foram concentração de uréia, creatinina e ácido úrico na urina, bem como a relação entre uréia e creatinina, uréia e nitrogênio total, creatinina e nitrogênio total e ácido úrico e nitrogênio total.

O modelo estatístico usado para análise dos dados foi:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + A_j + P_k + e_{ijk} ,$$

Onde:

$Y_{ijk}$  é a variável dependente;

$\mu$  é a média geral;

$T_i$  é o efeito de tratamento ( $i = 1, 2, 3$  e  $4$ );

$A_j$  é o efeito do animal ( $j = 1, 2, \dots, 12$ );

$P_k$  é o efeito do Período ( $k = 1, 2$ ) e

$e_{ijk}$  é o erro experimental associado às observações.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Experimento 1

Durante o período experimental aparentemente não ocorreram problemas de saúde e os animais consumiram toda a ração fornecida.

Na Tabela 7 estão os resultados de desempenho observados durante o balanço de nitrogênio, bem como os consumos de lisina digestível verdadeira (CLDV), a energia metabolizável (CEM) e a relação entre CLDV e CEM.

Não foram verificadas diferenças ( $P>0,05$ ) entre os tratamentos para o ganho de peso médio diário (GPMD) e conversão alimentar (CA).

**TABELA 7** – Efeito do teor de proteína bruta no desempenho, consumo de lisina e energia de suínos em crescimento.

Variável	Teor de PB (%)				EPM
	10	12	14	16	
CLDV <sup>1</sup>	0,91	0,90	0,89	0,89	0,002
CEM <sup>2</sup>	351,3	349,9	352,7	350,4	1,48
CLDV: CEM <sup>3</sup>	2,58	2,58	2,59	2,57	0,023
GPMD (g)	956	1028	1103	1076	0,04
CRMD (g)*	1985 <sup>a</sup>	2000 <sup>b</sup>	2016 <sup>b</sup>	2030 <sup>b</sup>	7,85
CA	2163	1967	1831	1923	85,13

<sup>1</sup> CLDV = Consumo lisina digestível ileal verdadeira, expresso em g/kgPV<sup>0,75</sup>/dia.

<sup>2</sup> CEM = Consumo de energia metabolizável, expresso em kcal/ kgPV<sup>0,75</sup>/dia.

<sup>3</sup> CLDV: CEM = Valores expressos em mg por kcal e ambos por kgPV<sup>0,75</sup>/dia.

\* Regressão linear significativa ( $P<0,05$ ).

EPM = Erro padrão da média.



O consumo de ração médio diário (CRMD) do tratamento 10 foi inferior ( $P < 0,01$ ) aos tratamentos 12, 14 e 16. Considerando que o período de avaliação foi curto (cinco dias em cada fase), esses resultados devem ser vistos com cautela. Não houve diferenças ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos para as variáveis CLDV, CEM e CLDV:CEM e tais resultados estão de acordo com os objetivos estabelecidos para o experimento.

Na Tabela 8 está apresentado o balanço de nitrogênio obtido com os suínos alimentados com rações contendo diferentes conteúdos de proteína bruta.

**TABELA 8** – Efeito do teor de proteína bruta no balanço de nitrogênio de suínos em crescimento.

Variável	Teor de PB (%)				EPM
	10	12	14	16	
Consumo Nitrogênio (g/dia)*	31,05	38,76	45,83	52,64	0,398
Consumo Nitrogênio (g/kg PV <sup>0,75</sup> /dia)*	1,68	2,08	2,44	2,78	0,005
Nitrogênio Fezes (g/dia)*	3,84	4,78	6,16	6,27	0,201
Nitrogênio Fezes (g/kg PV <sup>0,75</sup> /dia)*	0,21	0,26	0,33	0,33	0,012
Nitrogênio Urina (g/dia)*	4,46	8,65	11,83	16,64	0,323
Nitrogênio Urina (g/kg PV <sup>0,75</sup> /dia)*	0,24	0,46	0,63	0,88	0,015
Excreção Total N (g/dia)*	8,31	13,44	17,99	22,91	0,233
Excreção Total N (g/kg PV <sup>0,75</sup> /dia)*	0,45	0,72	0,96	1,21	0,017
Nitrogênio Retido (g/dia)*	22,74	25,32	27,84	29,72	0,388
Nitrogênio Retido (g/kg PV <sup>0,75</sup> /dia)*	1,24	1,36	1,49	1,57	0,015
Utilização Nitrogênio (%)*	73,5	65,5	60,8	56,5	0,723
Digestibilidade N (%)	87,2	87,7	86,6	87,9	0,393

\* Regressão linear significativa ( $P < 0,001$ )

EPM = Erro padrão da média.

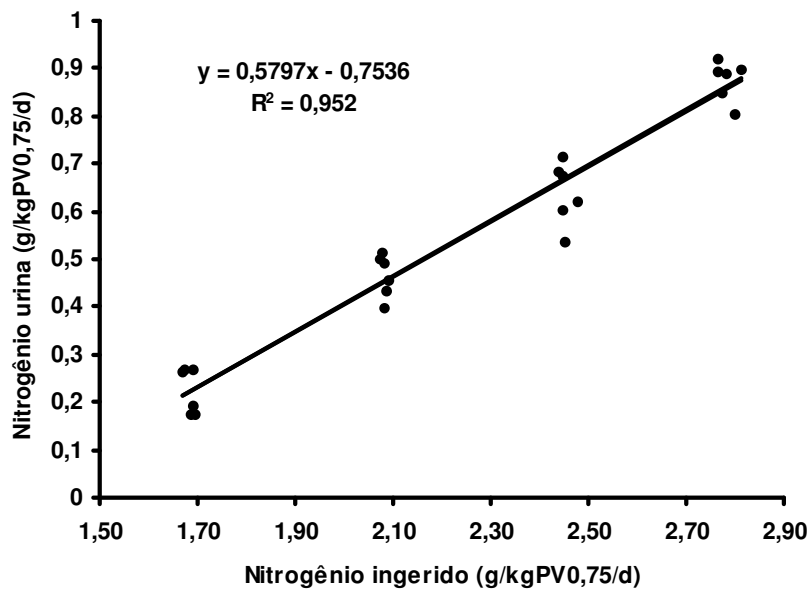
A redução do teor de proteína bruta resultou no menor consumo e excreção de nitrogênio ( $P < 0,001$ ), independentemente da unidade em que os dados foram calculados. A quantidade de nitrogênio das fezes decresceu linearmente ( $P > 0,001$ ) com o teor de proteína da ração. Esses resultados são semelhantes aos obtidos por Le Bellego et al. (2001) e Figueroa et al. (2002), que também verificaram aumento no nitrogênio fecal com o incremento de proteína na ração. A variação no nitrogênio fecal está relacionada com a quantidade de nitrogênio ingerido. O nitrogênio eliminado na urina diminuiu linearmente ( $P < 0,001$ ) em razão do menor consumo de nitrogênio. Verificou-se uma redução de aproximadamente 11% no nitrogênio urinário a cada ponto percentual de decréscimo no conteúdo de proteína da ração. Kerr & Easter (1995) e Canh et al. (1998) também encontraram valores próximos a 11%.

Houve uma significativa redução de nitrogênio eliminado na urina, o que é perfeitamente justificável, pois a urina é a principal via de eliminação do nitrogênio em excesso no organismo dos suínos. Confirma-se, assim, que reduzir o teor de proteína bruta das rações é uma prática eficaz para diminuir a poluição ambiental.

A digestibilidade aparente do nitrogênio foi semelhante ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos estudados, o que contraria os resultados obtidos por outros autores. Fan et al. (1994) e Li et al. (1994), por exemplo, observaram menor digestibilidade do nitrogênio em razão do aumento na proporção de nitrogênio metabólico nas fezes, que ocorre com o decréscimo de proteína da ração. A proporção de nitrogênio metabólico não específico foi de 48% e 22% para rações com 9,85 e 14,64% de proteína, respectivamente (Otto et al., 2003). Dessa forma, o decréscimo da digestibilidade aparente do nitrogênio estaria mais relacionado com limitações da técnica de balanço, do que com os tratamentos experimentais. Uma possível explicação para os resultados obtidos no presente experimento está no fato de que a redução da proteína bruta foi obtida

substituindo-se o milho e o farelo de soja, por aminoácidos sintéticos e amido (ração 10 e 12), cujas digestibilidades são próximas de 100%, contrabalançando os efeitos do nitrogênio endógeno e, conseqüentemente, a digestibilidade.

A retenção de nitrogênio diminuiu linearmente ( $P < 0,01$ ) com o teor de proteína das rações (Figura 1). Estes resultados não eram esperados, pois o consumo de lisina não variou e as rações foram formuladas usando o conceito de proteína ideal. É possível que outros fatores tenham limitado a retenção de nitrogênio, como, por exemplo, a relação entre nitrogênio essencial e nitrogênio total (NE:NT) das rações. Para ocorrer a síntese de proteínas deve haver disponibilidade tanto de aminoácidos essenciais como de aminoácidos não essenciais; ou seja, no meio celular todos os aminoácidos são considerados essenciais (Bedford & Summers, 1985).



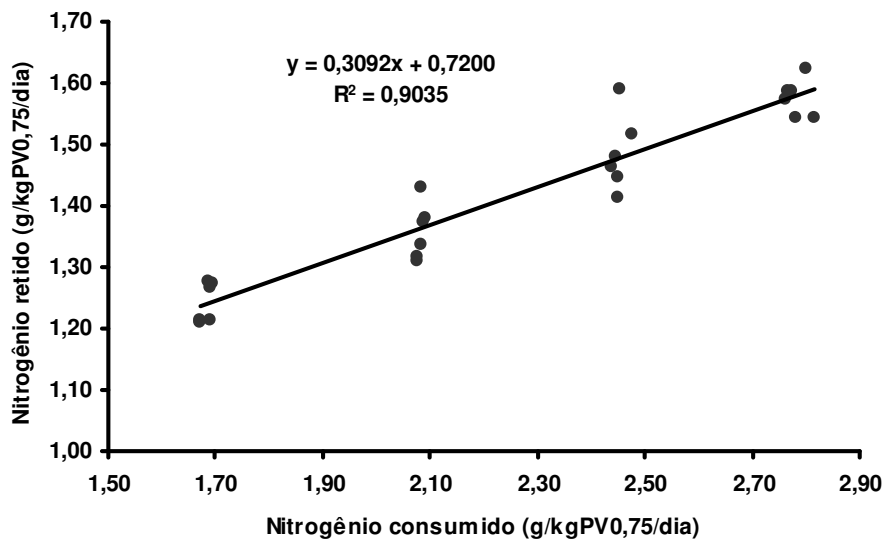
**FIGURA 1** – Relação entre o nitrogênio ingerido e o nitrogênio eliminado na urina.

Alguns autores realizaram experimentos para encontrar a relação ótima entre NE:NT para suínos. Visando a máxima retenção de nitrogênio, os valores estimados por Wang & Fuller (1989), Heger et al. (1998) e Lenis et al. (1999) foram de 0,42, 0,48 e 0,50, respectivamente. Relações superiores a estas causam menor retenção de nitrogênio, pois aminoácidos essenciais são usados para síntese de aminoácidos não essenciais. A relação entre NE:NT das rações experimentais está na Tabela 1. Verifica-se que a ração 10 apresenta relação NE:NT superior à encontrada por Wang & Fuller (1989), 0,44 versus 0,42, mas inferior às outras estimativas. Por outro lado, é possível que exista uma quantidade mínima de consumo diário de nitrogênio para atingir a retenção máxima. Roth et al. (1999) estudaram a redução dos teores de proteína, mantendo constante o fornecimento de aminoácidos essenciais, e verificaram que para combinar a máxima retenção e a mínima excreção de nitrogênio, a quantidade diária de nitrogênio ingerida deve ser de no mínimo dois gramas por quilo de peso metabólico. Resultados semelhantes foram obtidos por Lenis et al. (1999) utilizando suínos castrados com 45 quilos de peso vivo. Esses autores verificaram que o consumo diário de nitrogênio inferior a dois gramas de nitrogênio por quilo de peso metabólico foi insuficiente para a máxima retenção de nitrogênio. No presente experimento, os suínos alimentados com a ração 10 consumiram 1,68 g/N/kg PV<sup>0,75</sup>; é provável que isso tenha determinado, em parte, os efeitos observados na retenção de nitrogênio nestes animais. Apesar das explicações anteriores serem aceitáveis para a ração 10, não se aplicam às rações 12 e 14, que apresentaram relação NE:NT superior à ótima (Tabela 1). Além disso, o consumo de nitrogênio diário foi acima de dois gramas por quilo de peso metabólico.

Em estudo conduzido por Le Bellego et al. (2001), foi registrado uma redução de 12 % na retenção de nitrogênio quando rações com 18,9 e 12,3 % de proteína bruta foram comparadas. Mesmo que essa diferença não tenha sido

detectada na análise estatística, é importante considerar que a ração com 12,3% de proteína usada por Le Bellego et al. (2001) e as rações 14 e 12, usadas no presente experimento, continham L-valina e L-isoleucina, aminoácidos sintéticos que ainda não estão disponíveis para uso industrial. Estimativas de exigências de valina para suínos em crescimento são escassas (Lewis & Nishimura, 1995). Parr et al. (2003) constataram que as exigências de isoleucina de suínos em crescimento são subestimadas pelo NRC (1998). Assim, é possível que as relações dos aminoácidos valina e isoleucina com a lisina, sugeridas por Baker (1994) e usadas no presente experimento, subestimem as exigências desses aminoácidos.

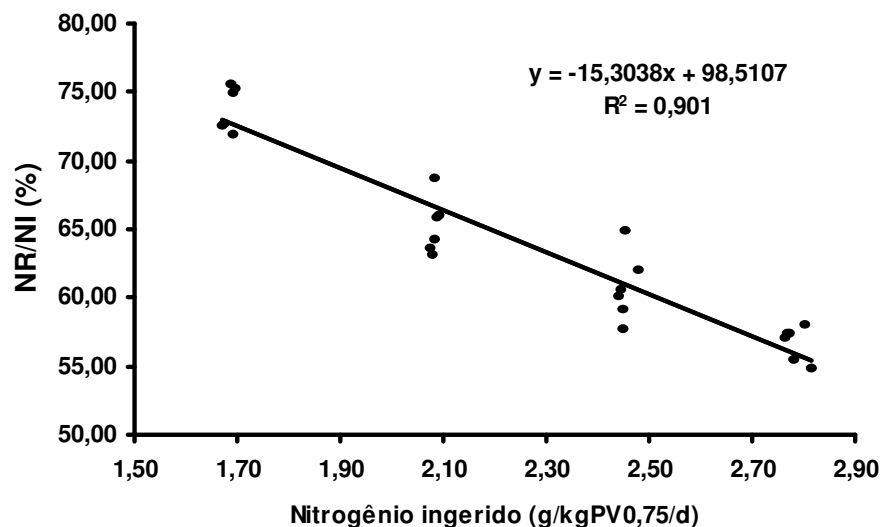
A eficiência de rações suplementadas com grandes quantidades de aminoácidos sintéticos é controversa. Devido à significativa redução do teor de proteína da ração, a disponibilidade de aminoácidos na forma de di e tripeptídeos pode ter sido reduzida. Em humanos adultos, aproximadamente 33% da proteína é absorvida com aminoácidos e o restante (67%), absorvido como pequenos peptídeos (Zaloga, 1990). Peptídeos são utilizados como fontes preferenciais para síntese de proteína. Assim, a redução da proteína da dieta pode limitar a disponibilidade de peptídeos para síntese de proteínas que constituem o intestino. Estudos conduzidos com cobaias evidenciam que rações baseadas em aminoácidos resultam em atrofia intestinal (Birke et al., 1990) e permeabilidade do intestino (Alverly et al., 1988), além de reduzir a retenção de nitrogênio e o crescimento dos animais (Poullain et al., 1989).



**FIGURA 2** – Relação entre nitrogênio ingerido e nitrogênio retido.

Finalmente, Heger et al. (1998) enfatizam que a maior retenção de nitrogênio observada em experimentos de curta duração pode ocorrer simplesmente devido a respostas adaptativas ao consumo excessivo de nitrogênio não essencial.

A eficiência de utilização do nitrogênio foi reduzida linearmente ( $P < 0,01$ ) com o aumento do teor de proteína bruta das rações (Figura 3). Estes resultados foram observados por outros autores (Heger et al., 1998). Quando o consumo de nitrogênio é relativamente baixo, o catabolismo dos aminoácidos diminui, visando sua preservação (Yamashita & Ashida, 1969). Mas esta hipótese não foi confirmada por Tanaka et al. (1995), que não verificaram influência do teor de proteína no catabolismo dos aminoácidos essenciais.



**FIGURA 3** – Relação entre nitrogênio ingerido e eficiência de utilização do nitrogênio (NR/NI).

A Tabela 9 contém o balanço de energia dos suínos alimentados com as rações experimentais. O aumento da proteína da ração resultou em maior ( $P < 0,001$ ) energia excretada nas fezes e urina. A energia das fezes aumentou até o teor de 14% e parece ter atingido um platô. Assim, os valores energia digestível (ED) das rações experimentais foram diferentes ( $P < 0,001$ ). As rações 10 e 12 apresentaram valores inferiores (3318 e 3328 kcal ED/kg, respectivamente) em relação às rações 14 e 16 (3371 e 3361 kcal ED/kg, respectivamente). A energia eliminada na urina aumentou linearmente em resposta ao maior consumo de nitrogênio. Isso equilibrou a excreção total de energia entre os tratamentos de forma que a energia metabolizável das rações foi semelhante, conforme esperado. A relação entre energia digestível e energia metabolizável (ED:ED) foi inversamente proporcional ( $P < 0,01$ ) ao consumo de

nitrogênio. O efeito dos tratamentos na energia eliminada na urina justifica esses resultados.

**TABELA 9** – Efeito do teor de proteína bruta nos valores de energia das rações (na matéria natural).

Variável <sup>1</sup>	Teor de PB (%)				EPM
	10	12	14	16	
EB Fezes **	34,6	43,3	49,6	48,9	1,31
EB Urina *	7,2	8,6	9,7	11,4	0,11
ED	3318	3328	3371	3361	13,45
EM	3252	3228	3280	3255	12,91
EM:ED **	0,980	0,975	0,973	0,968	0,003

<sup>1</sup> Valores expressos em g/kgPV<sup>0,75</sup>/dia.

\* Regressão linear significativa (P>0,01)

\*\* Regressão quadrática significativa (P>0,01).

EPM = Erro padrão da média

## 4.2 Experimento 2

Durante o experimento não se verificou problemas de saúde ou alterações no consumo de ração dos animais.

Os resultados das variáveis peso inicial (PINICIAL), peso final (PFINAL), dias necessários para atingir o peso de abate (DABATE), consumo de ração médio diário (CRMD), ganho de peso médio diário (GPMD) e conversão alimentar (CA) são mostrados na Tabela 10.



**TABELA 10** – Efeito do teor de proteína e suplementação de aminoácidos não essenciais no desempenho de suínos em crescimento.

Variável	Rações Experimentais					EPM
	10+NNE	10	12	14	16	
PINICIAL (kg)	32,9	33,3	33,3	33,4	33,2	0,28
PFINAL (kg)	56,1	56,9	57,4	56,2	56,6	0,52
DABATE (dias)	30,0 <sup>ab</sup>	32,0 <sup>a</sup>	27,4 <sup>bc</sup>	26,6 <sup>c</sup>	26,9 <sup>c</sup>	0,70
CRMD (g)	1891	1907	1895	1896	1894	89,01
GPMD (g)	764 <sup>b</sup>	740 <sup>b</sup>	878 <sup>a</sup>	865 <sup>a</sup>	867 <sup>a</sup>	19,08
CA	2,48 <sup>a</sup>	2,58 <sup>a</sup>	2,15 <sup>b</sup>	2,20 <sup>b</sup>	2,19 <sup>b</sup>	0,05

PINICIAL = Peso inicial; PABATE = Peso de abate; DABATE = Dias para atingir peso abate; CRMD = Consumo de ração média diário; GPMD = Ganho de peso médio diário  
CA = Conversão alimentar.

<sup>a, b, c</sup> Médias seguidas de letras diferentes diferem ( $P < 0,05$ ).

EPM = Erro padrão da média.

O peso final (PFINAL) dos suínos foi semelhante ( $P > 0,05$ ), independentemente do tratamento experimental. Esses resultados estão de acordo com os objetivos estabelecidos, pois o critério usado para decidir o momento de abate dos animais foi o peso corporal dos animais. Todavia, houve diferenças ( $P > 0,05$ ) no tempo necessário para atingir o peso de abate. Os suínos alimentados com as rações 12, 14 e 16 atingiram o peso de abate em média três a cinco dias mais cedo do que os animais da ração 10+NNE e 10, respectivamente. Não houve diferenças ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos 12 e 10+NNE na variável DABATE.

O CRMD foi semelhante ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos. Considerando válida a pressuposição de que o conteúdo de lisina digestível ileal verdadeira

(LDIV) das rações foi semelhante, também se supõe que não ocorreram diferenças no consumo de LDIV entre os diferentes grupos experimentais.

Os suínos alimentados com as rações 12, 14 e 16 tiveram GPMD superior ( $P < 0,05$ ) aos animais consumindo as rações 10+NNE e 10. A diferença entre os dois grupos foi de aproximadamente 16%. A concentração de LDIV das rações experimentais (valores calculados) e o consumo de ração não variaram entre os tratamentos, dessa forma os resultados de GPMD foram surpreendentes, exceto aqueles propiciados pela ração 10, cuja relação NE:NT estava abaixo da preconizada por Wang & Fuller (1989). Esperava-se que os suínos alimentados com a ração 10 pudessem apresentar desempenho inferior aos demais, mas a adição de aminoácidos não essenciais restabeleceria o GPMD ao nível dos demais tratamentos. Como isso não ocorreu, fica claro que a relação entre NE:NT não é limitante do ganho de peso em rações com 10% de proteína bruta, formuladas de acordo com o conceito de proteína ideal. Também é possível que outros fatores, além da relação NE:NT, tenham influenciado o ganho dos animais. A relação entre aminoácidos usados nesse experimento seguiu as recomendações de Baker (1994). Uma exceção foi a relação entre metionina+cistina (aminoácidos sulfurados) e lisina, que foi inferior à recomendada, atendendo 78, 78, 87 e 95% das exigências nos tratamentos 10+NNE, 10, 12 e 14, respectivamente. Por outro lado, a deficiência de aminoácidos pode explicar apenas parte do pior desempenho propiciado pelas rações 10+NNE e 10. Na ração 12, a relação entre aminoácidos sulfurados e lisina foi inferior àquela proposta por Baker (1994), mas o desempenho dos animais que consumiram essa ração foi semelhante ao dos que consumiram as rações 14 e 16. A relação adequada entre aminoácidos sulfurados e lisina é controversa. Autores como Susenbeth et al. (1994), por exemplo, recomendam que a relação ideal entre metionina+cistina e lisina é de 0,50.

A CA foi melhor ( $P<0,05$ ) nos suínos alimentados com as rações 12, 14 e 16 em relação aos suínos das rações 10+NNE e 10, embora dentro desses grupos não tenham ocorrido diferenças ( $P>0,05$ ). No presente experimento, as diferenças na CA podem estar associadas à composição do ganho de peso, pois quando o acúmulo de peso ocorre predominantemente na forma de gordura, registra-se piora na CA (Wenk et al., 1980).

O peso de carcaça (PCARC), rendimento de carcaça (RENDCARC), peso dos órgãos, incluindo peso do sangue, cabeça, pés e cauda (PORGAOS), peso vazio (PVAZIO) e a relação entre PVAZIO e PFINAL são mostrados na Tabela 11.

**TABELA 11** – Efeito do teor de proteína bruta e da suplementação de aminoácidos não essenciais em características de carcaça de suínos em crescimento.

Variável	Rações Experimentais					EPM
	10+NNE	10	12	14	16	
PABATE (kg)	56,1	56,9	57,4	56,2	56,6	0,525
PCARC (kg) <sup>1</sup>	40,4	40,2	40,5	39,6	39,5	0,55
RENDCARC (%) <sup>2</sup>	79,5 <sup>a</sup>	79,0 <sup>a</sup>	78,9 <sup>ab</sup>	78,0 <sup>ab</sup>	77,1 <sup>b</sup>	0,65
PORGAOS (kg) <sup>3</sup>	12,0	12,8	12,4	12,1	12,3	0,19
PVAZIO	52,3	53,0	53,0	51,7	51,8	0,48
PVAZIO:PFINAL (%)	92,8	93,0	92,4	91,9	91,8	0,60

<sup>1</sup> PCARC = Peso da carcaça sem cabeça, patas e cauda.

<sup>2</sup> RENDCARC = Calculada usando o peso de carcaça com cabeça, patas e cauda.

<sup>3</sup> PORGAOS = Peso não carcaça sem a inclusão do sangue.

<sup>a, b, c</sup> Médias seguidas de letras diferentes diferem ( $P<0,05$ ).

EPM = Erro padrão da média.

Não houve diferenças ( $P>0,05$ ) no PCARC entre os tratamentos experimentais, mas os suínos alimentados com as rações 10+NNE e 10 tiveram maiores ( $P<0,05$ ) RENDCARC em relação aos suínos consumindo a ração 16. Os animais ingerindo as rações 12 e 14 apresentaram RENDCARC intermediários e semelhantes ( $P>0,05$ ) aos demais tratamentos. O peso dos órgãos viscerais, incluindo cabeça, pés, cauda e sangue, (PORGAS), foi semelhante ( $P>0,05$ ) entre os tratamentos experimentais. As variáveis PVAZIO e PV:PF não foram influenciadas ( $P>0,05$ ) pelos tratamentos. A relação PVAZIO:PFINAL foi em média de 92,6%. Esses valores são superiores aos de suínos abatidos com peso médio de 21,4 kg (89,9%) e inferiores aos de suínos abatidos com 88,2 kg (94,5%), conforme descreve Fernández et al. (1999). A análise da composição corporal de suínos com pesos médios de 59,2 kg e pertencentes a vários grupos genéticos, revelou valores de PVAZIO:PFINAL que variaram de 94,6 a 95,9% (Quiniou & Noblet, 1995). Para suínos de abatidos com peso vivo de 69,3 kg foi obtida PVAZIO:PFINAL de 92,8%. Esses dados demonstram que há influência do genótipo e peso vivo na relação entre peso corporal vazio e peso final. A duração do jejum pré-abate também influencia a PV:PF. De acordo com Chevillon (1994), são necessárias 24 horas de jejum para esvaziar o estômago. No presente experimento, o jejum pré-abate foi de 14 horas e observou-se que havia considerável conteúdo de quimo no estômago dos suínos. É possível que a duração do jejum pré-abate usado nesse experimento explique, em parte, os baixos valores de PVAZIO:PFINAL encontrados.

#### **4.2.1 Peso dos órgãos digestórios**

Os resultados das variáveis peso de fígado, peso de rins, peso do pâncreas, peso de coração, peso do estômago vazio, peso do intestino delgado

vazio, peso do intestino grosso vazio, peso do trato gastrintestinal e peso total de vísceras e trato gastrintestinal são apresentados na Tabela 12.

**TABELA 12** – Efeito do teor de proteína bruta e da suplementação de nitrogênio não essencial no peso de vísceras abdominais e torácicas.

Variável	Rações Experimentais					EPM
	10+NNE	10	12	14	16	
FÍGADO (g)	1002	1027	1016	1010	1050	37
RINS (g)	213	183 <sup>c</sup>	178	198	205	09
PÂNCREAS (g)	74	75	84	88	90	05
CORAÇÃO (g)	241	245	211	237	236	10
ESTÔMAGO vazio (g)	283 <sup>b</sup>	311 <sup>b</sup>	365 <sup>a</sup>	368 <sup>a</sup>	373 <sup>a</sup>	13
INT. DELGADO vazio (g)	970 <sup>c</sup>	1036 <sup>bc</sup>	1220 <sup>a</sup>	1188 <sup>ab</sup>	1208 <sup>a</sup>	61
INT. GROSSO vazio (g)	696 <sup>c</sup>	724 <sup>bc</sup>	829 <sup>ab</sup>	863 <sup>a</sup>	836 <sup>ab</sup>	42
TGI (EST+ID+IG) <sup>1</sup> (g)	1948 <sup>b</sup>	2072 <sup>ab</sup>	2414 <sup>a</sup>	2419 <sup>a</sup>	2418 <sup>a</sup>	92,6
TOTAL (TGI+ÓRGÃOS) <sup>2</sup>	3520 <sup>b</sup>	3579 <sup>b</sup>	3830 <sup>ab</sup>	3995 <sup>a</sup>	4010 <sup>a</sup>	115

<sup>1</sup> TGI = Trato gastrintestinal total (estômago + intestino delgado + intestino grosso).

<sup>2</sup> TOTAL = TGI + fígado, rins, pâncreas e coração.

<sup>a,b,c</sup> Médias seguidas da mesma letra são iguais (P>0,05).

EPM = Erro padrão da média.

Os resultados obtidos dos pesos de órgãos estão dentro de valores citados na literatura (Gómez et al., 2002) para suínos com peso corporal semelhante aos usados no experimento que está sendo descrito.

O peso do fígado não foi influenciado (P>0,05) pelo conteúdo de proteína da ração. Conforme Bikker et al. (1994), o peso de fígado aumenta com o incremento do consumo de proteína bruta. O fígado é uma dos principais sítios de degradação de aminoácidos e metabolismo de nitrogênio (Chen et al., 1995).

Diante dessas observações, esperava-se que o peso do fígado refletisse o teor de proteína das rações experimentais. Não há explicação para o peso de fígado não ter refletido as diferenças entre os tratamentos. Uma possibilidade pode ser as diferenças no consumo de energia líquida, uma vez energia exerce influência no peso desse órgão (Bikker et al., 1994). Kerr et al. (2003a) também não observaram influencia da concentração de proteína da ração no peso do fígado de suínos.

O peso de rins não foi alterado ( $P < 0,05$ ) pelos tratamentos. Os rins, juntamente com o fígado, são os principais órgãos de metabolismo do nitrogênio (Chen et al., 1995), e também se esperava que esses órgãos fossem refratários ao consumo de nitrogênio. Na literatura os resultados são controversos. Kerr et al. (1995) e Kerr et al. (2003a) constataram que o teor de proteína da ração exerceu efeito no peso de rins. Entretanto, há estudos em que o consumo de proteína não modificou o peso de rins (Le Bellego & Noblet, 2002; Gómez et al. 2002).

Os tratamentos experimento não causaram diferenças ( $P > 0,05$ ) no peso de pâncreas dos suínos. Em geral, o pâncreas decresce em suínos alimentados com rações de baixa proteína, comparadas a rações convencionais (Ward Southern, 1995; Chen et al., 1995). Mesmo assim, o resultados encontrados no presente experimento são semelhantes aos de Gómez et al. (2002) e Kerr et al. (2003).

O peso de coração não foi influenciado ( $P > 0,05$ ) pelo consumo das rações experimentais. Em outros estudos (Knowles et al., 1998; Chen et al., 1995; Kerr et al., 2003) também não foi verificada influência do teor de proteína bruta no peso de coração de suínos. Gómez et al. (2002) realizaram dois experimentos com duração diferente (27 e 57 dias) e constataram que o consumo de proteína influenciou o peso de coração apenas no experimento de maior duração. Assim, esses autores sugeriram que a falta de consistência nos

resultados de peso de coração está relacionada com a duração do período experimental. A duração média do presente experimento foi de 30 dias e isso pode explicar os resultados observados.

O peso de estômago foi maior ( $P < 0,05$ ) nos tratamentos 12, 14 e 16 em relação aos tratamentos 10+NNE e 10. Kerr et al. (2003) também constataram influência do teor de proteína no peso de estômago de suínos em crescimento.

Houve influência dos tratamentos no peso de intestino delgado. Suínos alimentados com as rações 12 e 16 tiveram os maiores ( $P < 0,05$ ) pesos de intestino delgado comparados àqueles consumindo a ração 10+NNE. Não foram constatadas diferenças significativas ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos 10 e 14, embora o tratamento 10 tenha sido semelhante ( $P > 0,05$ ) ao tratamento 10+NNE e o tratamento 14 semelhante ( $P > 0,05$ ) aos tratamentos 12 e 14.

Os suínos alimentados com a ração 14 apresentaram os maiores pesos de intestino grosso, enquanto os que ingeriram a ração 10+NNE tiveram os menores. Os animais das rações 10, 12 e 16 mostraram pesos de intestino grosso intermediários e semelhantes ao tratamento 10+NNE, no caso da ração 10, e também semelhantes ao da ração 14, no caso dos tratamentos 12 e 16.

O peso de trato gastrintestinal total foi maior ( $P > 0,05$ ) nos suínos consumindo as rações 12, 14 e 16 em relação aos animais ingerindo a ração 10+NNE. Os animais da ração 10 apresentaram trato gastrintestinal total intermediário e semelhante ( $P < 0,05$ ) aos demais grupos. O menor peso de trato gastrintestinal total dos suínos da ração 10+NNE pode estar relacionado com a alta concentração de aminoácidos sintéticos dessa ração em relação às demais. O excesso de aminoácidos sintéticos da ração 10+NNE pode ter diminuído a disponibilidade de pequenos peptídeos e limitado a disponibilidade de aminoácidos para a síntese de proteína estrutural do intestino. Existem resultados ilustrando que o fornecimento de rações constituídas de aminoácidos

sintéticos aumenta a atrofia e a permeabilidade do intestino de ratos (Birke et al., 1990). Cerca de 36% das exigências de aminoácidos são atendidas pelos aminoácidos sintéticos na ração 10+NNE e aproximadamente 24% do nitrogênio total da ração é oriundo de aminoácidos sintéticos. Na ração 16, em torno de 11% das exigências de aminoácidos essenciais são atendida por aminoácidos sintéticos e cerca de 2,3% do nitrogênio total é oriundo de aminoácidos sintéticos.

Quando o peso do fígado, rins, pâncreas, coração e trato gastrointestinal total foram incluídos em uma única variável (TOTAL), constatou-se que ocorreram diferenças entre tratamentos. Os suínos da ração 14 e 16 apresentaram maiores pesos de órgãos (TOTAL) do que aqueles das rações 10+NNE e 10. O peso total de órgãos dos suínos alimentados com a ração 12 foi semelhante aos de outros tratamentos.

#### **4.2.2 Retenção tecidual**

O peso de abate (PABATE), peso de carcaça (PCARC), peso dos órgãos, incluindo cabeça, pés, cauda e sangue, (PORGAOS), peso corporal vazio (PVAZIO) e composição química média dos animais abatidos no início do experimento são apresentados na Tabela 13. Todos os resultados estão dentro de valores encontrados na literatura para suínos com peso semelhante ao desse experimento (Gómez et al., 2002).



**TABELA 13** – Peso de abate, peso das frações corporais e composição química das frações carcaça, órgãos e corpo vazio dos suínos abatidos no início do experimento.

<b>Variável</b>	<b>Total</b>	<b>EPM</b>
PABATE (kg) <sup>1</sup>	30,70	0,36
PCARC (kg) <sup>2</sup>	20,50	0,27
PORGAOS (kg) <sup>3</sup>	8,10	0,21
PVAZIO <sup>4</sup>	28,60	0,29
<b>Carcaça</b>		
Umidade (%)	64,30	0,23
Proteína (%)	17,99	0,22
Lipídeos (%)	14,51	0,27
Cinzas (%)	2,96	0,02
<b>Órgãos</b>		
Umidade (%)	72,41	0,32
Proteína (%)	15,91	0,12
Lipídeos (%)	8,42	0,26
Cinzas (%)	2,99	0,05
<b>Corpo vazio</b>		
Umidade (%)	66,80	0,24
Proteína (%)	17,40	0,17
Lipídeos (%)	12,78	0,24
Cinzas (%)	2,77	0,02

<sup>1</sup> PABATE = Peso de abate.

<sup>2</sup> PCARC = Peso da carcaça sem cabeça, pés e cauda.

<sup>3</sup> PORGAOS = Peso dos órgãos viscerais, cabeça, pés, cauda e sangue.

<sup>4</sup> PVAZIO = PCARC + PORGAOS.

A Tabela 14 contém a composição química do corpo vazio, taxa de retenção de proteína bruta (RP) e deposição de lipídeos (DLIP) na carcaça dos suínos abatidos no final do experimento.

**TABELA 14** – Composição química, retenção de proteína e deposição de lipídeos na carcaça de suínos alimentados com rações contendo diferentes concentrações de proteína bruta e com suplementação de aminoácidos não essenciais.

Variável	Rações experimentais					EPM
	10+NNE	10	12	14	16	
Umidade (%)	61,46 <sup>b</sup>	60,11 <sup>c</sup>	62,57 <sup>a</sup>	62,58 <sup>a</sup>	62,86 <sup>a</sup>	0,53
Proteína (%)	15,38	15,53	15,93	15,73	15,72	0,20
Lipídeos (%)	19,73 <sup>b</sup>	21,00 <sup>a</sup>	17,95 <sup>c</sup>	18,36 <sup>c</sup>	17,81 <sup>c</sup>	0,51
Cinzas (%)	3,29	3,24	3,25	3,28	3,25	0,30
RP (g/d)	83,66 <sup>ab</sup>	80,33 <sup>b</sup>	92,00 <sup>a</sup>	93,00 <sup>a</sup>	91,50 <sup>a</sup>	3,60
DLIP (g/d)	165,17 <sup>ab</sup>	171,16 <sup>a</sup>	160,33 <sup>ab</sup>	163,83 <sup>ab</sup>	146,50 <sup>b</sup>	6,90

RP = Retenção de proteína; DLIP = Deposição de lipídeos.

<sup>a,b,c</sup> Médias seguidas da mesma letra são iguais (P>0,05).

EPM = Erro padrão da média.

As concentrações de umidade (Tabela 15) encontradas nas carcaças estão dentro da amplitude verificada por outros autores (Gómez et al., 2002). Os suínos alimentados com a ração 16, 14 e 12 tiveram maior (P<0,01) concentração de água na carcaça em relação aos demais tratamentos. Já os animais da ração 10 apresentaram carcaças com menor (P<0,01) conteúdo de água. A umidade da carcaça dos animais alimentados com a ração 10+NNE foi intermediária em relação aos demais tratamentos. Há estudos (Kerr et al., 2003) nos quais o teor de proteína da ração influenciou a concentração de água

corporal, enquanto em outros essa influência não foi constatada (Tuitoek et al., 1997).

Os tratamentos não influenciaram o teor de proteína da carcaça dos suínos. O teor médio de proteína calculado entre todos os tratamentos foi de aproximadamente 15,6 %, valor inferior ao encontrado por Gómez et al. (2002), que foi de aproximadamente 17,6%. O teor de proteína na carcaça de fêmeas abatidas aos 45 kg de peso vivo foi de 17,2% (Bikker, 1994), também superior ao teor médio calculado no presente experimento. É possível que as diferenças no potencial genético dos animais expliquem as variações entre experimentos.

A concentração de lipídeos na carcaça diferiu entre os tratamentos. Os suínos consumindo as rações 16, 14 e 12 mostraram menor ( $P<0,01$ ) concentração de lipídeos na carcaça. O tratamento 10 foi o que propiciou carcaças com maior ( $P<0,01$ ) teor de lipídeos, seguido pelo tratamento 10+NNE, cuja quantidade de lipídeos na carcaça foi intermediária e diferente ( $P<0,01$ ) dos demais tratamentos.

Não ocorreu influência ( $P>0,05$ ) dos tratamentos no teor de cinzas da carcaça dos suínos e os valores foram semelhantes aos encontrados por Gómez et al. (2002).

Houve efeito dos tratamentos na retenção de proteína na carcaça. Os suínos submetidos aos tratamentos 16, 14 e 12 tiveram retenção de proteína média de 92,1 gramas ao dia, valor superior ( $P<0,05$ ) ao obtido no tratamento 10, que foi de 80,3 gramas ao dia. Os suínos do tratamento 10+NNE apresentaram retenção de proteína média de 83,6 gramas ao dia, semelhante ( $P>0,05$ ) aos demais tratamentos.

Ocorreram diferenças na retenção de lipídeos entre os tratamentos experimentais (Tabela 15). Os suínos consumindo a ração 16 apresentaram menor ( $P<0,05$ ) deposição de gordura na carcaça, enquanto os animais do

tratamento 10 tiveram a maior ( $P<0,05$ ) deposição de lipídeos na carcaça. Os suínos consumindo as rações 10+NNE, 12 e 14 demonstraram taxa de deposição de gordura intermediária e não diferente ( $P>0,05$ ) dos demais grupos.

**TABELA 15** – Composição química, retenção de proteína e deposição de lipídeos nos órgãos de suínos alimentados com rações contendo diferentes concentrações de proteína bruta e com suplementação de aminoácidos não essenciais.

Variável	Rações experimentais					EPM
	10+NNE	10	12	14	16	
Umidade (%)	68,18 <sup>a</sup>	66,03 <sup>b</sup>	68,57 <sup>a</sup>	68,18 <sup>a</sup>	69,11 <sup>a</sup>	0,57
Proteína (%)	14,81 <sup>bc</sup>	14,77 <sup>c</sup>	14,79 <sup>c</sup>	15,46 <sup>ab</sup>	15,86 <sup>a</sup>	0,22
Lipídeos (%)	14,55 <sup>b</sup>	16,95 <sup>a</sup>	14,15 <sup>b</sup>	13,87 <sup>bc</sup>	12,40 <sup>c</sup>	0,56
Cinzas (%)	2,32	2,18	2,28	2,35	2,36	0,07
RP (g/d)	15,67 <sup>c</sup>	19,17 <sup>bc</sup>	19,67 <sup>bc</sup>	22,00 <sup>ab</sup>	24,83 <sup>a</sup>	1,57
DLIP (g/d)	38,17 <sup>b</sup>	46,33 <sup>a</sup>	39,00 <sup>b</sup>	37,50 <sup>bc</sup>	31,17 <sup>c</sup>	2,29

RP = Retenção de proteína; DLIP = Deposição de lipídeos.

<sup>a,b,c</sup> Médias seguidas da mesma letra são iguais ( $P>0,05$ ).

EPM = Erro padrão da média.

Os valores de composição química, retenção de proteína e deposição de gordura dos órgãos, incluindo cabeça, pés, cauda e sangue, são apresentados na Tabela 16.

O teor de umidade da fração órgãos foi influenciado pelos tratamentos. Os suínos alimentados com a ração 10 apresentaram menor ( $P<0,01$ ) quantidade de água na fração órgãos, quando comparados com os demais tratamentos. Não foram detectadas diferenças ( $P>0,05$ ) entre os tratamentos 10+NNE, 12, 14 e 16.

Os suínos da ração 16 tiveram a maior ( $P<0,01$ ) concentração de proteína nos órgãos, embora não tenham diferido dos animais alimentados com a ração 14. As rações 10 e 12 propiciaram os menores ( $P<0,01$ ) teores de proteína, enquanto os animais da ração 10+NNE tiveram valores intermediários entre aqueles alimentados com as rações 14, 10 e 12.

A ração 16 foi aquela que resultou menor ( $P<0,01$ ) proporção de lipídeos na fração órgãos, mas foi semelhante à ração 14. A maior ( $P<0,01$ ) concentração de lipídeos foi registrada nos animais consumindo a ração 10. Os animais da ração 10+NNE, 12 e 14 apresentaram valores intermediários e semelhantes ( $P>0,05$ ) entre si.

Não houve diferenças ( $P>0,01$ ) na proporção de cinzas obtida na fração órgãos, independentemente do tratamento a que os animais foram submetidos.

A retenção de proteína nos órgãos foi superior ( $P<0,01$ ) nos suínos alimentados com as rações 16 e 14, embora ração a 14 tenha propiciado retenção protéica semelhante ( $P>0,05$ ) as rações 12 e 10. A pior retenção de proteína foi observada nos suínos consumindo a ração 10+NNE, mesmo assim, não foi diferente ( $P>0,05$ ) da retenção de proteína observada nos suínos das rações 12 e 10.

A ração 10 propiciou maior ( $P<0,01$ ) deposição de lipídeos nos órgãos, enquanto as rações 16 e 14 resultaram em menor ( $P<0,01$ ) acúmulo de lipídeos nos órgãos. Apesar disso, a ração 14 não foi diferente das rações 12 e 10+NNE.

Os resultados de composição química, deposição de proteína e gordura no corpo vazio são apresentados na Tabela 16. Todos os resultados estão dentro dos valores divulgados na literatura para experimentos semelhantes ao aqui descrito.

**TABELA 16** – Composição química, retenção de proteína e deposição de lipídeos no corpo vazio de suínos alimentados com rações contendo diferentes concentrações de proteína bruta e com suplementação de aminoácidos não essenciais.

Variável	Rações experimentais					EPM
	10+NNE	10	12	14	16	
Umidade (%)	63,00 <sup>b</sup>	61,55 <sup>c</sup>	63,98 <sup>bc</sup>	63,88 <sup>ab</sup>	64,36 <sup>a</sup>	0,36
Proteína (%)	15,23	15,37	15,66	15,50	15,75	0,20
Lipídeos (%)	18,55 <sup>b</sup>	19,98 <sup>c</sup>	17,06 <sup>c</sup>	17,30 <sup>c</sup>	16,50 <sup>c</sup>	0,41
Cinzas (%)	3,06	2,99	2,99	3,05	3,05	0,31
RP (g/d)	99,83 <sup>b</sup>	99,33 <sup>b</sup>	111,67 <sup>ab</sup>	114,80 <sup>a</sup>	116,50 <sup>a</sup>	4,10
DLIP (g/d)	193,17 <sup>ab</sup>	206,17 <sup>a</sup>	192,50 <sup>ab</sup>	192,17 <sup>ab</sup>	170,33 <sup>b</sup>	9,20

RP = Retenção de proteína; DLIP = Deposição de lipídeos.

<sup>a,b,c</sup> Médias seguidas da mesma letra são iguais (P>0,05).

EPM = Erro padrão da média.

O teor de umidade do corpo vazio foi influenciado pelos tratamentos. Os suínos da ração 16 foram os que tiveram maiores (P<0,01) teores de umidade, embora não tenham diferido (P>0,05) dos suínos alimentados com a ração 14. Os animais da ração 10 apresentaram os menores (P<0,01) teores de umidade no corpo vazio. O teor de umidade médio dos suínos submetidos ao tratamento 10+NNE foi intermediário entre os tratamentos 16 e 10, mas não diferiu (P>0,05) dos animais das rações 12 e 14.

A concentração de proteína corporal dos suínos não foi influenciada pelos tratamentos. O valor médio encontrado nesse experimento foi de aproximadamente 15,5%, muito semelhante aos valores médios da literatura (Tuitoeck et al. 1997; Le Bellego e Noblet, 2002; Kerr et al. 2003). Na maior parte dos trabalhos consultados, verifica-se que o consumo de proteína não altera

a concentração protéica da carcaça (Tuitoek et al., 1997; Le Bellego & Noblet, 2002; Gómez et al., 2002), embora haja exceções (Kerr et al., 2003).

As rações experimentais influenciaram a concentração de lipídeos no corpo vazio dos suínos, embora o valor médio de concentração de lipídeos no corpo vazio dos suínos tenha sido semelhante ao obtido por outros autores (Gómez et al., 2002; Kerr et al., 2003). Os animais da ração 10 tiveram maior ( $P < 0,01$ ) quantidade de gordura no corpo vazio que os demais grupos. A menor ( $P < 0,01$ ) concentração de gordura foi observada nos animais alimentados com a ração 16. Suínos consumindo a ração 10+NNE, 12 e 14 apresentaram valores intermediários e semelhantes ( $P > 0,05$ ) entre si.

Não houve diferenças ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos no conteúdo de cinzas do corpo vazio. Os valores obtidos estão dentro da amplitude encontrada na literatura. Esses resultados são semelhantes aos encontrados em outros estudos (Tuitoek et al., 1997; Le Bellego & Noblet, 2002).

Ocorreu efeito dos tratamentos na retenção de proteína corporal. Os suínos consumindo as rações 16 e 14 apresentaram maior ( $P < 0,05$ ) deposição tecidual que aqueles consumindo as rações 10+NNE e 10. Tais resultados ocorreram devido à maior taxa de crescimento observada nos animais alimentados com as rações 16 e 14, uma vez que não houve diferenças entre os tratamentos na porcentagem de proteína depositada no corpo vazio. Como se percebe, a adição de aminoácidos não essenciais não foi o suficiente para reverter os resultados obtidos na ração com menor conteúdo de proteína bruta. Tuitoek et al. (1997) não constatarem diferenças na taxa de deposição de proteína de suínos alimentados com rações contendo concentrações decrescentes de proteína bruta. Da mesma forma, Kerr et al. (2003) compararam rações de alta (16%) e baixa (12% + aminoácidos sintéticos) proteína e não observaram diferenças na taxa de deposição de proteína. Mas há autores (Gómez et al., 2002)

que verificaram maior retenção de proteína em suínos consumindo rações controle (15,9% PB; milho + f.soja) em relação àqueles alimentados com rações de baixa proteína, mesmo quando formuladas com o conceito de proteína ideal (12,29% PB; milho + f. soja + aminoácidos sintéticos).

O valor médio de retenção de proteína verificado no presente experimento (108 g/d) é inferior aos de outros estudos. No experimento de Tuitoek et al. (1997), a taxa de retenção protéica diária foi de 119 gramas. Esses autores usaram fêmeas (20 aos 55 kg de PV) alimentadas à vontade com rações contendo diferentes teores de proteína bruta. Suínos castrados alimentados restritamente (80% do consumo à vontade), com ração convencional (milho + farelo de soja), apresentaram taxa de retenção protéica de 123 g/d, no período dos 30 aos 57 kg de peso vivo (Gómez et al., 2002). Quando os mesmos animais foram alimentados com rações de baixa proteína, suplementadas com aminoácidos, a taxa diária de deposição de proteína foi de 113 gramas. O regime alimentar e o genótipo dos animais talvez sejam as causas das variações observadas entre experimentos.

A deposição de lipídeos foi influenciada pelos rações experimentais, mas os valores de retenção de lipídeos estão dentro dos limites encontrados na literatura (Tuitoek et al., 1997; Gómez et al., 2002). A taxa de deposição de lipídeos foi menor ( $P<0,05$ ) nos animais submetidos ao tratamento 16 e maior ( $P<0,05$ ) nos animais das rações 10. Os tratamentos 14, 12 e 10+NNE foram semelhantes aos demais. Rações de baixa proteína causam maior deposição de gordura em suínos (Noblet et al., 1987; Le Bellego et al., 2001). Isso ocorre porque a redução do excesso de aminoácidos aumenta o conteúdo de energia disponível, devido ao menor gasto energético para catabolismo e excreção do excesso de nitrogênio da ração (Le Bellego et al., 2001). Outro argumento é que rações com menor quantidade de proteína influenciam no peso dos órgãos metabolicamente ativos. Há uma relação positiva entre gasto de energia e peso



de órgãos metabolicamente ativos (Koong et al., 1983). Apesar de os órgãos metabolicamente ativos representarem menos de 10% do peso corporal, são responsáveis por uma parcela significativa das exigências de manutenção. De acordo com Pekas & Wray (1991), o intestino é o órgão que mais influencia a produção de calor no jejum. Da mesma forma, Seal & Reynolds (1993) afirmam que a partição da energia metabolizável ingerida entre perda de energia como calor e ganho líquido de energia tecidual é proporcional ao peso do intestino delgado e do fígado. No presente experimento, os tratamentos não exerceram efeito no peso do fígado. Numericamente, o peso do intestino delgado do tratamento 16 foi superior aos demais, e que talvez seja uma explicação parcial para os resultados. Também é preciso destacar que a redução do teor de proteína foi realizada substituindo-se o farelo de soja por amido. Noblet et al. (1994) e Van Milgen et al. (2001) têm demonstrado que a energia metabolizável do amido é utilizada com maior eficiência que a energia da proteína (0,84 e 0,52, respectivamente).

### **4.3 Experimento 3**

Os resultados encontrados nos metabólitos sangüíneos estão na Tabela 17. Todos os valores estão dentro dos limites fisiológicos considerados normais (Kaneko, 1997).

Ocorreu aumento linear ( $P < 0,05$ ) na concentração de uréia no soro sangüíneo e aumento do teor de proteína bruta das rações. Essa resposta era esperada e é semelhante à obtida por vários autores (Gómez et al., 2002; Kerr et al., 2002). A uréia é o produto final da excreção nitrogenada em mamíferos e há uma relação estreita entre quantidade e qualidade de proteína e as concentrações de uréia no sangue (Eggum, 1970).

Não ocorreram diferenças ( $P>0,05$ ) na concentração de creatinina no soro sanguíneo dos suínos alimentados com as rações experimentais. A concentração de creatinina é correlacionada com a quantidade de carne magra na carcaça. Os resultados obtidos no presente experimento confirmam que o consumo de nitrogênio parece exercer pouco efeito na quantidade de creatinina no sangue.

**TABELA 17** – Efeito do teor de proteína em alguns metabólitos sanguíneos (mg/dL)

Variável	Teor de PB (%)				EPM
	10	12	14	16	
Uréia*	10,11	14,13	19,61	25,06	1,23
Creatinina	1,23	1,31	1,15	1,14	0,08
Albumina	3,14	3,62	3,46	3,30	0,20
Triglicerídeos	50,94	48,22	51,12	43,91	6,71
Glicose	119,02	103,16	110,05	97,51	8,15

\* Regressão linear significativa ( $P<0,01$ ).

EPM = Erro padrão da média.

Os valores de albumina obtidos no soro foram semelhantes ( $P>0,05$ ) entre os tratamentos experimentais. Estes resultados podem ser explicados pelo período relativamente curto de fornecimento das rações experimentais (6 dias), associado ao fato de que a albumina leva um tempo relativamente longo para refletir as variações na ingestão de proteína.

A concentração de triglicerídeos no sangue foi semelhante ( $P>0,05$ ) entre os tratamentos. Esperava-se que a concentração de triglicerídeos refletisse a diferença de energia líquida das dietas, pois existem evidências de que o nível

de triglicerídeos no sangue seja influenciado pelo consumo de energia (Miyada, 1987). Mesmo assim, muitos autores afirmam que a maior parte dos triglicerídeos circulantes no sangue seja de origem dietética, pois a síntese de triglicerídeos nos suínos ocorre predominantemente no tecido adiposo.

O teor de proteína da ração não influenciou ( $P>0,05$ ) a concentração de glicose no plasma sanguíneo. Estes resultados são semelhantes aos encontrados no experimento dois de Gómez et al. (2002), mas diferentes do experimento um também relatado por Gómez et al. (2002). Tais divergências podem ser explicadas pelo fato que a dieta exerce pouco efeito na glicemia, pois o controle homeostático da concentração de glicose no sangue é bastante eficiente (González & Scheffer, 2002).

O fracionamento do nitrogênio urinário em alguns dos seus constituintes é apresentado na Tabela 18. Houve efeito linear ( $P<0,01$ ) do teor de proteína bruta na excreção de uréia. Resultados semelhantes foram obtidos por Canh et al. (1998) e ocorrem porque parte do nitrogênio consumido em excesso é catabolizado e eliminado na urina, principalmente na forma de uréia. A relação entre uréia e nitrogênio total da urina variou ( $P<0,001$ ). As rações 16 e 14 foram semelhantes entre si (61,5 e 61,98, respectivamente) e diferentes das rações 12 e 10 (51,5 e 52,8, respectivamente), que foram semelhantes entre si. Em outros estudos, também foi observado que rações de baixa proteína bruta alteram a relação entre uréia e nitrogênio total da urina (Cay et al., 1996). As mudanças no balanço eletrolítico das rações, devido ao aumento da concentração de cloro que compõe a molécula de HCl-lisina, talvez tenham ocasionado esses resultados. Coma et al. (1995) observaram que a síntese de amônia aumenta quando o balanço eletrolítico da ração diminui, embora a excreção total de nitrogênio permaneça inalterada. Com o aumento na síntese de amônia diminui a concentração de uréia e a relação entre uréia e nitrogênio total eliminado na urina. Este mecanismo ocorre para manter o status ácido-básico corporal e

possivelmente ocorre em rações com excesso de ânions, nas quais a excreção de uréia é menor.

**TABELA 18** – Efeito do teor de proteína bruta da ração na concentração de nitrogênio urinário e de metabólitos nitrogenados.

Variável	Teor de PB (%)				EPM
	10	12	14	16	
Nitrogênio Total	4,46	8,65	11,83	16,64	0,34
Uréia	4,69	9,39	14,15	22,77	1,75
Creatinina	2,24	2,16	2,22	2,19	0,31
Uréia: creatinina	2,18	6,05	8,68	13,31	1,65
Ácido úrico	0,35	0,42	0,42	0,38	0,036
<b>N eliminado nos metabólitos analisados</b>					
Nitrogênio Total	100	100	100	100	-
Uréia – N	52,83	51,50	61,50	61,98	8,35
Creatinina – N**	16,38	7,28	6,64	3,82	1,32
Ácido úrico – N**	2,85	1,55	1,28	0,80	0,09

Valores calculados de acordo com fatores: 0,467, 0,32 e 0,33 para uréia, creatinina e ácido úrico, respectivamente.

\*\* Regressão linear significativa ( $P < 0,01$ ).

EPM = Erro padrão da média.

Em números absolutos, não houve diferença ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos na excreção total de creatinina na urina. A quantidade total de creatinina eliminada diariamente é proporcional ao peso dos suínos (Deguchi, 1998) e parece não ser influenciada pelo consumo de proteína, mas por fontes dietéticas de creatina e creatinina (p.ex. farinha de carne). Pires et al. (2001), alimentando suínos com rações à base de milho e farelo de soja, verificaram que o consumo de nitrogênio e o número de refeições não influenciaram a excreção de creatinina. No presente estudo, além de as fontes de nitrogênio serem isentas

de creatina e ou creatinina (milho, farelo de soja e aminoácidos sintéticos), os suínos apresentaram pesos semelhantes durante o experimento, o que justifica os resultados observados.

O conteúdo de ácido úrico urinário não foi modificado ( $P>0,05$ ) pelos tratamentos experimentais. A concentração de ácido úrico é baixa em mamíferos, cujo principal produto de excreção nitrogenada é a uréia.

As rações experimentais não alteraram ( $P>0,05$ ) a relação entre a uréia e o nitrogênio total eliminado na urina. A uréia é a principal forma de eliminação do nitrogênio descartado no organismo (Canh et al., 1998).

Quando a excreção de creatinina foi expressa em relação ao nitrogênio total eliminado, observou-se que houve redução linear ( $P<0,01$ ) com o aumento do teor de proteína das rações. Estes resultados eram esperados, pois conforme a discussão anterior, o maior consumo de nitrogênio resulta em maior excreção de uréia, enquanto a excreção de creatinina é pouco influenciada pelo consumo de nitrogênio (Pires et al., 2001).

## 5 CONCLUSÕES

A redução do teor de proteína bruta das rações de suínos em crescimento é recomendada para diminuir a eliminação de nitrogênio nas fezes e, principalmente, na urina.

Pode-se reduzir em até quatro pontos percentuais o teor de proteína de suínos em crescimento sem que ocorram prejuízos no desempenho e retenção de proteína corporal, desde haja suplementação de aminoácidos sintéticos para atender as exigências. A redução do teor de proteína bruta ocasiona maior deposição de gordura corporal.

As concentrações de uréia sanguínea e urinária são reflexivas do teor de proteína da ração.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARNINK, A. J. A.; HOEKSMAN, P.; VAN OUWERKERK, E. N. J. Factors affecting ammonium concentration in slurry from fattening pigs. In: VERSTEGEN, M. W. A et al. (Ed.). **Nitrogen flow in pig production and environmental consequences**. Wageningen, Holanda: Pudoc Scientific, 1993. p. 413-420.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 15. ed. Arlington, 1990. 1230 p.

ATINMO, T.; BALDIJAO, C.; POND, W. G.; BARNES, R. H. Prenatal and postnatal protein malnutrition in pigs: effects on growth rate, serum protein and albumin. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 43, n. 3, p. 606-612, Mar. 1976.

BABATUNDE, G. M.; POND, W. G.; PEO Jr., E. R. Nutritive value of rubber seed (*hevea brasiliensis*) meal: utilization by growing pigs of semipurified diets in which rubber seed meal partially replaced soybean meal. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 68, n. 2, p.392-397, Feb. 1990.

BAKER, D. H. **Ideal protein for pigs**. In: Proceedings Minnesota Nutrition Conference St. Paul. p. 235. 1994.

BATTERHAM, E. S.; BAYLEY, H. S. Effects of frequency of feeding diets containing free or protein-bound lysine on the oxidation of [<sup>14</sup>C] lysine or [<sup>14</sup>C] phenylalanine by growing pigs. **British Journal of Nutrition**, Wallingford, v. 62, n. 3, p. 647-655, Nov. 1989.

BEDFORD, M. R.; SUMMERS, J. D. Influence of the ratio of essential to non essential amino acids on performance and carcass composition of the broiler chick. **British Poultry Science**, Abingdon, v. 26, n. 4. p. 483-491, Oct. 1985.

BIKKER, P. **Protein and lipid accretion in body components of growing pigs. Effects of body weight and nutrient intake**. 1994. 203 p. (Ph. D. Thesis) – Wageningen, The Netherlands.

BIKKER, P.; VERSTEGEN, M. W. A.; TAMMINGA, S. Partitioning of dietary nitrogen between body components and waste in young growing pigs. **Netherlands Journal of Agriculture Science**, Wageningen, v. 42, n. 1, p. 37-45, Mar. 1994.

BIRKE, H.; THORLACIUS-USSING, O.; HESSOV, I. Trophic effect of dietary peptides on mucosa in the rat small bowel. **Journal Parenteral and Enteral Nutrition**, Silver Spring, v. 14, p. 265, Aug. 1990. Supplement.

BROWN, J. A.; CLINE, T. R. Urea excretion the pig: An indicator of protein quality and amino acid requirements. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 104, n. 5, p. 542-545, May 1974.

BURTON, C. H. **Manure management**: treatment and strategies for sustainable agriculture. Wrest Park: Silsoe Research Institute, 1997. 181 p.

BUTTERY, P. J.; BOORMAN, K. N. The energetic efficiency of amino acid metabolism. In: COLE, D. J. A. et al. (Ed.). **Protein metabolism and nutrition**. Butterworths: London, 1976. p. 197-206.

CAMERON, N. D.; McCULLOUGH, E.; TROUP, K.; PENMAN, J. C. Physiological responses to divergent selection for daily food intake or lean growth rate in pigs. **Animal Science**, Edinburgh, v. 76, n. 1, p. 27-34, Feb. 2003.

CANH, T. T.; CARNINK, A. J. A.; VERSTEGEN, M. W. A.; SCHRAMA, J. W. Influence of dietary factors on the pH and ammonia emission of slurry from growing-finishing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 76, n. 4, p. 1123-1130, Apr. 1998.

CAY, Y.; EWAN, R. C.; ZIMMERMAN, D. R. Effects of dietary protein and potassium contents on plasma urea nitrogen and amino acids in relation performance of swine. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 72, n.2, p. 351-355, Apr. 1996.

CHEN, H. Y.; MILLER, P. S.; LEWIS, A. J.; WOLVERTON, C. K.; SSTROUP, W. W. Changes in plasma urea concentration can be used to determine protein requirements of two populations of pigs with different protein accretion ration. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 73, n. 9, p. 2631-2639, Sept. 1995.



CHEVILLON, P. Le contrôle des estomacs de porcs à l'abattoir: le miroir de la miré à jeun en élevage. **Techni-Porc.**, v. 17, n. 6, p. 47-54, 1994.

CHUNG, T. K.; BAKER, D. H. A chemically defined diet for maximal growth of pigs. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 121, n. 7, p. 979-984, July 1991.

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

COMA, J.; CARRION, D.; ZIMMERMAN, D. R. Use of plasma urea nitrogen as a rapid response criterion to determine the lysine requirements of pig. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 73, n. 2, p. 472-482, Feb. 1995.

DEAN, W. F.; SCOTT, H. M. The development of an amino acid reference diet for the early growth of chicks. **Poultry Science**, Champaign, v. 44, n. 3, p. 803-808, May 1965.

DEGUCHI, E. Relation between body weight and urinary creatinine in 24 h in castrated male Large White pigs. **Animal Science Technology**, Tokyo, v. 68, n. 4, p. 347-350, Apr. 1998.

EGGUM, B. O. Blood Urea Measurement as a technique for assessing protein quality. **British Journal of Nutrition**. v.24, n.5 p.983-988. 1970.

FAN, M. Z.; SAUER, W. C.; HARDIN, R. T.; LIEN, K. A. Determination of apparent ileal amino acids digestibility in pigs. Effect of dietary amino acid level. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 72, n. 11, p. 2851-2859, Nov. 1994.

FERNÁNDEZ, J.A.; POULSEN, H.D.; BOISEN, S.; ROM, H.B. Nitrogen and phosphorus consumption, utilization and losses in pig production: The Netherlands. **Livestock Animal Production**. v.58, n.3, apr. p.225-242. 1999.

FIGUEROA, J. L.; LEWIS, J. A.; MILLER, P. S.; FISCHER, R. L.; GOMES, R. S.; DRIEDRICHSEN, R. M. Nitrogen metabolism and growth performance of gilts fed standard corn-soybean meal diets or low-crude protein, amino acid-supplemented diets. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 80, n. 11, p. 2911-2919, Nov. 2002.

FIRMAN, J. D.; BOLING, S. D. Ideal protein in turkeys. **Poultry Science**, Champaign, v. 77, n. 1, p. 105-110, Jan. 1998.

FULLER, M. F.; CADENHEAD, A.; MOLLISON, G.; SEVE, B. Effects of the amount and quality of dietary protein on nitrogen metabolism and heat production in growing pigs. **British Journal of Nutrition**, Wallingford, v. 58, n. 2, p. 277-285, Sept. 1987.

FULLER, M. F.; Mc WILLIAM, R.; WANG, I. C.; GILES, L. R. The optimum dietary amino acids pattern for growing pigs. 2. Requirements for maintenance and for tissue protein accretion. **British Journal of Nutrition**, Wallingford, v. 62, n. 2, p. 255-267, 1989.

GATEL, F.; GROSJEAN, F. Effect of protein content of the diet on nitrogen excretion by pigs. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 31, n. 1/2, p. 109-120, May 1992.

GILL, J. L.; MAGEE, W. T. Balanced two-period changeover designs for several treatments. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 42, n. 3, p. 775-777, May 1976.

GÓMEZ, R. S.; LEWIS, A. J.; MILLER, P. S.; CHEN, H. Y. Growth performance, diet apparent digestibility, and plasma metabolite concentrations of barrows fed corn-soybean meal diets or low-protein, amino acid-supplemented diets at different feeding levels. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 80, n. 3, p. 644-653, Mar. 2002.

GONZÁLEZ, F.H.D.; SCHEFFER, J.F.S. Perfil sanguíneo: ferramenta de análise clínica, metabólica e nutricional. IN. 29 CONGRESSO BRASILEIRO De MEDICINA VETERINÁRIA, Gramado, Brasil. p. 5-17. 2002.

HEGER, J.; MENGESHA, S.; VODEHNAL, D. Effect of essential:total nitrogen ratio on protein utilization in the growing pigs. **British Journal of Nutrition**, Wallingford, v. 80, n. 6, p. 537-544, Dec. 1998.

HOBBS, P. J.; PAIN, B. F.; KAY, R. M.; LEE, P. A. Reductions of odorous compounds in fresh pig slurry by dietary control of crude protein. **Journal Science Food And Agriculture**, London, v. 71, n. 4, p. 508-514, Aug. 1996.

JUST, A. The net energy value of balanced diets for growing pigs. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 8, n. 6, p. 541-555, 1982.

KANEKO, J.J.; HARVEY, J.W.; BRUSS, M.L. **Clinical biochemistry of domestic animals**. 5.ed. New York: Academic Press, 1997.

KEPARTH, K. B.; SHERRITT, G. W. Performance and nutrient balance in growing swine fed low protein diets supplemented with amino acids and potassium. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 68, n. 7, p. 1999-2008, July 1990.

KERR, B. J.; EASTER, R. A. Effect of feeding reduced protein, amino acid-supplemented diets nitrogen and energy balance in grower pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 73, n. 10, p. 3000-3008, Oct. 1995.

KERR, B. J.; MCKEITH, F. K.; EASTER, R. A. Effect of performance and carcass characteristics of nursery to finisher pigs feed reduced crude protein, amino acid-supplemented diets. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 73, n. 2 p. 433-440, Feb. 1995.

KERR, B. J.; SOUTHERN, L. L.; BIDNER, T. D.; FRIESEN, K. G.; EASTER, R. A. Influence of dietary protein level, amino acid supplementation, and dietary energy levels on growing-finishing pig performance and carcass composition. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 81, n. 12, p. 3075-3087, Dec. 2003a.

KERR, B. J.; YEN, J. T.; NIENABER, J. A.; EASTER, R. A. Influences of dietary protein level, amino acid supplementation and environmental temperature on performance, body composition, organ weights and total heat production of growing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 81, n. 7, p. 1998-2007, Aug. 2003b.

KIELANOWSKY, J. Estimates of the energy cost of protein deposition in growing animals. In: BLAXTER, K. L. (Ed.). **Proceedings of symposium energy metabolism**. London: Academic, 1969. p. 13-20.

KNOWLES, T. A.; SOUTHERN, L. L.; BIDNER, T. D.; KERR, B. J.; FRIESEN, K. G.; Effect of dietary fiber or fat in low-crude protein, crystalline amino acid-supplemented diets for finishing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 76, n. 11, p. 2818-2832, Nov. 1998.

KOONG, L. J.; NIENABER, J. A.; MERSMANN, H. Effects of plane of nutrition on organ size and fasting heat production in genetically obese and lean pigs. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 113, n. 8, p. 1626-1631, Aug. 1983.

KUDSEN, B. K. E.; JORGENSEN, H. Use of synthetic amino acids in pig and poultry diets. In: COLE, D. J. A.; HARESINGN, W.; GARNSWORTHY, P. C. **Recent development in pig nutrition 2**. Nottingham: University Nottingham, 1993. p. 117-135.

LAPLACE, J. P. et al. Digestion. In: PEREZ, J. M.; MORNET, P.; RÉRAT, A. (Ed.). **Le Porc et son élevage, bases scientifiques et techniques**. Paris, França. Maloine, 1986. p. 65-120.

LARBIER, M.; LECLERCQ, B. **Nutrition and feeding of poultry**. Nottingham University Press. 1994. 305p.

LE BELLEGO, L.; NOBLET, J. Performance and utilization of dietary energy and amino acids in piglets fed low protein diets. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 76, n. 1/2, p. 45-58, Aug. 2002.

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

LENIS, N. P.; VN DIEPAN, H. T. M.; BIKKER, P.; JONGBLOED, A. G.; VAN DER MEULEN, J. Effects of the ratio between essential and nonessential amino acids in the diet on utilization of nitrogen and amino acids by growing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 77, n. 7, p. 1777-1787, July 1999.

LEWIS, A. J.; NISHIMURA, N. Valine requirement of the finishing pig. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 73, n. 8, p. 2315-2318, Aug. 1995.

LI, S.; SAUER, W. C.; HARDIN, R. T. Effect of dietary fibre level on amino acid digestibility in young pigs. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 74, n. 2, p. 327-333, Apr. 1994.

LONGLAND, A. C. Digestive enzyme activities in pigs and poultry. In: FULLER, M. F. (Ed.). **In vitro digestion for pigs and poultry**. Wallingford: U. K. CAB International, 1991. p. 3-18.

MACKIE, R. I.; STROOT, PG.; VAREL, V. H. Biochemical identification and biological origin of key odor in livestock waste. **Journal of Animal Science**, v. 76, n. 5, p. 1331-1342, 1998.

MATTHEWS, J. O.; SOUTHERN, L. L.; PONFIT, J. E.; HIGBIE, A. D.; BIDNER, T. D. Interactive effects of betaine crude protein, and net energy in finishing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 76, n. 9, p. 2444-2455, Sept. 1998.

MITCHELL, H. H.; BLOCK, R. J.; Some relationship between the amino acid contents of proteins and their nutritive values for the rat. **Journal Biological Chemistry**, Baltimore, v. 163, n. 3, p. 599-620, June 1946.

MIYADA, V.S. **A levedura seca na alimentação de suínos: estudos adicionais sobre seu valor protéico e vitamínico**. Piracicaba. 1987. 159p. Tese (Livre Docência) - ESALQ - Universidade São Paulo.

MOEHN, S.; SUSENBETH, A. Influence of dietary protein content on efficiency of energy utilization in growing pigs. **Archivos Animal Nutrition**, Stuttgart, v. 47, n. 4, p. 361-372, 1995.

MONGÉ, H.; SIMMINS, P. H.; WEIGEL, J. Réduction du taux protéique alimentaire combinée avec différents rapports méthionine/lysine. **Journées Research Porcine en France**, Gembolux, v. 29, p. 293-298, 1997.

MOUGHAN, P. J. Modelling amino acid absorption and metabolism in the growing pig. In: D'MELLO, J. P. F. **Amino acids in farm animal nutrition**. Wallingford: CAB International, 1994. p. 133-154.

MOUGHAN, P. J.; SMITH, W. C.; KIES, A. K. Endogenous urinary metabolite excretion in the growing pig. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, Wellington, v. 30, n. 2, p. 183-187, 1987.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of swine**. 10 ed. Washington, D.C.: National Academy of Sciences, 1998.

NOBLET, J.; FORTUNE, H.; SHI, X. S.; DUBOIS, S. Prediction of net energy value of feeds for growing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 72, n. 2, p. 344-354, Feb. 1994.

NOBLET, J. **Net energy for growth in pigs**: application to low-protein amino acid supplemented diets. Illinois Pork Net. University of Illinois at Urbana-Champaign. 1999. Disponível em: <<http://traill.outreach.uiuc.edu/porknet>>. Acesso em 14.maio. 2004.

NOBLET, J.; HENRY, Y.; DUBOIS, S. Effect of protein and lysine levels in the diet on body gain composition and energy utilization in growing pig. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 65, n. 9, p. 717-726, Sept. 1987.

OFFICER, D. I.; BATTERHAM, E. S.; FARREL, D. J. Comparison of growth performance and nutrient retention of weaner pigs given diets based on casein, free amino acids or conventional protein. **British Journal of Nutrition**, Wallingford, v. 77, n. 5, p. 731-744, May 1997.

OLIVEIRA, P. A. V. D. et al. **Manual de manejo e utilização dos dejetos suínos**. Concórdia, SC: Embrapa-CNPISA, 1993. 188 p. (Documentos, 27).

OTTO, E. R.; YOKOYAMA, M.; KU, P. K.; AMES, N. K.; TROTTIER, N. L. Nitrogen balance and ileal amino acid digestibility in growing pigs fed diets reduced in protein concentration. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 81, n. 7, p. 1743-1753, July 2003.

PARR, T. M.; KERR, B. J.; BAKER, D. H. Isoleucine requirement of growing (20 to 45 kg) pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 81, n. 3, p. 745-752, Mar. 2003.

PARTRIDGE, I. G.; LOW, A. G.; KEAL, H. D. A note on the effect of feeding frequency on nitrogen use in growing boars given diets with varying levels of free lysine. **Animal Production**, Edinburgh, v. 40, n. 2, p. 375-377, Apr. 1985

PEKAS, J. C.; WRAY, J. E. Principal gastrointestinal variables associated with metabolic heat production in pigs: statistical cluster analyses. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 121, n. 2, p. 231-239, Feb. 1991.

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

PERDOMO, C. C.; OLIVEIRA, P. A. V.; KUNZ, A. **Metodologia sugerida para estimar o volume de dejetos poluentes gerados em uma granja de suínos**. Concórdia – SC: EMBRAPA-CNPQA, 2003. (EMBRAPA-CNPQA. Comunicado Técnico, 332).

PIRES, F. F. et al. Avaliação do status metabólico de suínos em crescimento através da análise de metabólitos urinários. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE VETERINÁRIOS ESPECIALISTAS EM SUÍNOS, 10., 2001, Gramado. **Anais...** Gramado, RS, 2001.

POULLAIN, M. G.; ROGER, L.; MARCHE, C.; MACRY J.; BROYART, J. P.; CEZAARD, J. P. Effects of whey proteins their oligopeptides hydrolisates, and free amino acid mixture on growth and nitrogen retention in feed and starved rats. **Journal Parenteral and Enteral Nutrition**, Silver Spring, v. 13, n. 2, p. 382-386, Feb. 1989.

QUINIQU, N.; DUBOIS, S.; NOBLET, J. Effect of dietary crude protein level on protein and energy balances in growing pigs: comparison of two measurement methods. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 41, n. 1, p. 51-61, Jan. 1995.

RERAT, A.; CORRING, T. Animal factors affecting protein digestion and absorption. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON DIGESTIVE PHYSIOLOGY IN PIGS, 5., 1991, Wageningen, The Netherlands. **Proceedings...** Wageningen: EAAP, 1991. p. 5-34.

RIVEST, J.; BERNIER, J. F.; POMAR, C. A dynamic model of protein digestion in the small intestine of pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 78, n. 2, p. 328-340, Feb. 2000.

ROTH, F. X.; GOTTERBARM, G. G.; WINDISH, W.; KIRCHGESSNER, M. Influence of dietary level of dispensable amino acids on nitrogen balance and whole-body protein turnover in growing pigs. **Journal of Physiology and Animal Nutrition**, Berlin, v. 81, n. 4/5, p. 232-238, Aug. 1999.

RUOT, B.; BREVILLE, D.; RAMBOURDIN F.; BAYLE, G.; CAPITAN, P. OBLED, C. Synthesis rate of plasma albumin is a good indicator of liver albumin synthesis in sepsis. **American Journal Physiological Endocrinological Metabolism**, Bethesda, v. 279, n. 2, p. 244-251, Aug. 2000.

SAVILLE, D. J. Multiple comparison procedures: The practical solution. **The American Statistician**, Madison, v. 44, n. 2, p. 174-180, May 1990.

SCHIFFMAN, S. Livestock odors: Implications for human health and well-being. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 76, n. 5, p. 1343-1355, May 1998.

SCHULZ, A. R. Simulation of energy metabolism in the simple-stomached animal. **British Journal of Nutrition**, Wallingford, v. 39, n. 2, p. 235-254, Mar. 1978.

SEAL, C. J.; REYNOLDS, C. K. Nutrition implications of gastrointestinal and liver metabolism in ruminants. **Nutrition Research Reviews**, New York, v. 6, n. 1, p. 185-208, June 1993.

SEGANFREDO, M. A. Os dejetos suínos são um fertilizante ou um poluente do solo. **Cadernos de Ciência e Tecnologia**, Brasília, v. 16, n. 3, p. 129-141, 1999.

SHRIVER, J. A.; CARTER, S. D.; SUTTON, A. L.; RICHERT, B. T.; SENNE, B. W.; PETTEY, L. A. Effects of adding fiber sources to reduced-crude protein, amino acid-supplemented diets on nitrogen excretion, growth performance, and carcass traits of finishing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 81, n. 2, p. 492-502, Feb. 2003.



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

SIMON, O. Metabolism of proteins and amino acids. In: \_\_\_\_\_. **Protein metabolism in farm animals evaluation, digestion, absorption and metabolism**. Oxford: Oxford University, 1989. p. 273-366.

STEVENS, B. R.; KAUNITZ, J. D.; WRIGHT, E. M. Intestinal transport of amino acids and sugars: Advances using membrane vesicles. **Annual Reviews Physiology**, Palo Alto, v. 46, p. 417, 1984.

STOLL, B.; HERRY, J.; REEDS, P. J.; YU, H.; JAHOOOR, F.; BURRIN, D. G. Catabolism dominates the first-pass intestinal metabolism of dietary essential amino acids in milk protein feed piglets. **The Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 128, n. 3, p. 606-614, Mar. 1998.

SUSENBETH, A.; SCHNEIDER, R.; MENKE, K. H. The effect of protein and lysine intake on growth and protein retention in pigs. **Journal Animal Physiology and Animal Nutrition**, Berlin, v. 71, n. 4/5, p. 200-207, May 1994.

SUZUKI, K. Influence of low protein diets on water intake and urine and nitrogen excretion in growing pigs. **Animal Science Technology**, Tokyo, v. 69, n. 3, p. 267-270, Mar. 1998.

TANAKA, H.; SHIBATA, K.; MORI, M.; OGURA, M. Metabolism of essential amino acids in growing rats at grade levels of soybean protein isolate. **Journal of Nutritional Science and Vitaminology**, Tokyo, v. 41, n. 4, p. 433-443, Aug. 1995.

TORIDE, Y. **Lysine and other amino acids for feed: production and contribution to protein utilization in animal feeding**. Bangkok, Thailand: FAO. 2002. Disponível em: <<http://www.fao.org/ag/aga/workshop/feed/papers.htm>. > Acesso em: 14 maio 2004.

TUITOEK, K.; YOUNG, L. G.; DELANGE, C. F. M.; KERR, B. J. Body composition and protein and fat accretion in various body components in growing gilts fed diets with different protein levels but estimated to contain similar levels of ideal protein. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 75, n. 6, p. 1584-1590, June 1997b.

TUITOEK, K. et al. The effect of reducing excess dietary amino acids on growing-finishing pig performance: an evaluation of ideal protein concept. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 75, p. 1575-1583, 1997a.

VAN MILGEN, J.; NOBLET, J.; DUBOIS, S. Energetic efficiency of starch, protein and lipid utilization in growing pigs. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 131, n. 4, p. 1309-1318, Apr. 2001.

VAN SOEST, P. J.; WINE, R. H. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. 4. Determination of plant cell-wall constituents. **Journal Association Agriculture Chemistry**, Gaithersburg, v. 50, n. 1, p. 50-55, 1967.

VERSTEGEN, M. W. A.; JONGBLOED, A. W. Crystalline amino acids and nitrogen emission. In: D'MELLO, J. P. F. (Ed.). **Amino acids in farm animal nutrition**. CAB International, 2002. p. 449-458.

WANG, T. C.; FULLER, M. F.; The optimum dietary amino acid pattern for growing pigs. 1. Experiments by amino acid deletion. **British Journal of Nutrition**, Wallingford, v. 62, n. 1, p. 77-89, July 1989.

WARD, T. L.; SOUTHERN, L. L.; Sorghum amino acid-supplemented diets for the 50 to 100 kilogram pig. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 73, n. 6, p. 1746-1753, June 1995.

WEBB, K. E. Intestinal absorption of protein hydrolysis products: a review. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 68, n. 9, p. 3011-3022, Seecept. 1990.

WENK, C.; PFIRTER, H. P.; BICKEL, H. Energetic aspects of feed conversion in growing pigs. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 7, n. 5, p. 483-495, Nov. 1980.

WRIGHT, P. A. Nitrogen excretion: Three end products, many physiological roles. **The Journal of Experimental Biology**, Cambridge, v. 128, n. 2, 273-281, Feb. 1995.

WU, G. Intestinal mucosa acid catabolism. **The Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 128, n. 8, p. 1249-1252, Aug. 1998.

YAMASHITA, K.; ASHIDA, K. Lysine metabolism in rats fed lysine-free diet. **Journal of nutrition**, Bethesda, v. 99, n. 3, p. 267-273, Mar. 1969.

YEN, J. T.; EASTER, R. A.; KERR, B. J. Absorption on free or protein-bound lysine and threonine in conscious multicannulated pig. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON DIGESTIVE PHYSIOLOGY IN PIGS, 5., 1991, Wageningen. **Proceedings...** Wageningen, The Netherlands: EAAP, 1991. p. 79-84.

ZALOGA, G. P. Physiologic effects of peptide-based enteral formulas. **Nutrition Clinical Practical**, New York, v. 5, n. 6, p. 231-237, Dec. 1990.

ZERVAS, S.; ZIJLSTRA, R. T. Effects of dietary protein and fermentable fiber on nitrogen excretion patterns and plasma urea in grower pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 80, n. 12, p. 3247-3256, Dec. 2002a.

ZERVAS, S.; ZIJLSTRA, R. T. Effects of dietary protein and oathull fiber on nitrogen excretion patterns and posprandial plasma urea profiles in grower pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 80, n. 12, p. 3238-3246, Dec. 2002b.

## ANEXOS

ANEXO A		Pag.
<b>TABELA 1A</b>	Resumo da análise de variância para consumo de lisina digestível (CLDV), consumo de energia digestível (CEM) e relação entre CLDV e CEM (CLDV:CEM) das rações experimentais. ....	<b>91</b>
<b>TABELA 2A</b>	Resumo da análise de variância para ganho de peso médio diário (GPMD), consumo de ração médio diário (CRMD) e conversão alimentar (CA). ....	<b>91</b>
<b>TABELA 3A</b>	Resumo da análise de variância para nitrogênio ingerido (NI) em gramas por dia e por quilograma de peso metabólico e nitrogênio eliminado nas fezes expresso em gramas por dia e por quilograma de peso metabólico. ....	<b>91</b>
<b>TABELA 4A</b>	Resumo da análise de variância para nitrogênio eliminado na urina, expresso em gramas por dia e por quilograma de peso metabólico (NU), nitrogênio total eliminado (NET), expresso em gramas por dia e por quilograma de peso metabólico. ....	<b>92</b>
<b>TABELA 5A</b>	Resumo da análise de variância para nitrogênio retido (NR), expresso por dia e por quilograma de peso metabólico, eficiência de utilização do nitrogênio (EUN) e nitrogênio digestível (ND). ....	<b>92</b>
<b>TABELA 6A</b>	Resumo da análise de variância para energia bruta eliminada nas fezes (EF) e energia bruta eliminada na urina (EU), valores expressos por quilograma de peso vivo metabólico. ...	<b>92</b>
<b>TABELA 7A</b>	Resumo da análise de variância para energia digestível (ED) e metabolizável (EM) das rações experimentais. ....	<b>93</b>
<b>TABELA 8A</b>	Resumo de análise de variância para peso inicial (PI), peso final (PF), peso corporal vazio (PVAZIO) e relação entre peso vazio e peso final (PV:PF). ....	<b>93</b>

<b>TABELA 9A</b>	Resumo de análise de variância para consumo de ração médio diário (CRMD), ganho de peso médio diário (GPMD) e conversão alimentar (CA). .....	<b>93</b>
<b>TABELA 10A</b>	Resumo de análise de variância para rendimento de carcaça (RENDCARC) e peso de carcaça (PCARC). .....	<b>93</b>
<b>TABELA 11A</b>	Resumo de análise de variância para pesos de estômago (EST), intestino delgado (ID), intestino grosso (IG) e rins (RINS). .....	<b>94</b>
<b>TABELA 12A</b>	Resumo de análise de variância para pesos de pâncreas (PANC), fígado (FIG), coração (COR) e trato gastrointestinal total (TGITOTAL). .....	<b>94</b>
<b>TABELA 13A</b>	Resumo de análise de variância para peso de órgãos (ORGAOS). .....	<b>94</b>
<b>TABELA 14A</b>	Resumo da análise de variância para consumo de ração médio diário (CRMD), ganho de peso médio diário (GPMD) e conversão alimentar (CA). .....	<b>95</b>
<b>TABELA 15A</b>	Resumo de análise de variância para uréia (URE), creatinina (CRE) e albumina (ALB) no soro sanguíneo. ....	<b>95</b>
<b>TABELA 16A</b>	Resumo da análise de variância para umidade (UMID), proteína (PROT), lipídeos (LIP) e cinzas (CINZ) na carcaça. ....	<b>95</b>
<b>TABELA 17A</b>	Resumo da análise de variância para retenção de proteína (RPB) e deposição de lipídeos (DLIP) na carcaça. ....	<b>96</b>
<b>TABELA 18A</b>	Resumo da análise de variância para umidade (UMID), proteína (PROT), lipídeos (LIPI) e cinzas (CINZ) nos órgãos. ....	<b>96</b>
<b>TABELA 19A</b>	Resumo da análise de variância para retenção de proteína (RP) e deposição de lipídeos (DLIP) nos órgãos. ....	<b>96</b>

<b>TABELA 20A</b>	Resumo da análise de variância para umidade (UMID), proteína (PROT), lipídeos (LIPI) e cinzas (CINZ) corporal. ..	<b>96</b>
<b>TABELA 21A</b>	Resumo da análise de variância para retenção de proteína (RP) e deposição de lipídeos (DLIP) corporal. ....	<b>97</b>
<b>TABELA 22A</b>	Resumo de análise de variância para triglicerídeos (TRIG) e glucose (GLIC) no soro e plasma sanguíneo, respectivamente. ....	<b>97</b>
<b>TABELA 23A</b>	Resumo de análise de variância para nitrogênio (NU) e uréia (URE) eliminados na urina. ....	<b>97</b>
<b>TABELA 24A</b>	Resumo de análise de variância para ácido úrico (URICO) e creatinina eliminados na urina. ....	<b>98</b>
<b>TABELA 25A</b>	Resumo da análise de variância para relação entre uréia e nitrogênio (URE:N), creatinina e nitrogênio (CRE:N) e ácido úrico e nitrogênio (URICO:N) eliminados na urina. ....	<b>98</b>

**TABELA 1A** - Resumo da análise de variância para consumo de lisina digestível (CLDV), consumo de energia digestível (CEM) e relação entre CLDV e CEM (CLDV:CEM) das rações experimentais.

Fonte de Variação	GL	CLDV	CEM	CLDV:CEM
Gaiola	11	0,00005**	5,9033**	0,06618**
Fase	1	0,00007**	0,7613**	0,71582**
Tratamento	3	0,00031	6,2609	0,00025
Resíduo	8	0,00001	9,5278	0,00222

\* (P<0,05) \*\* (P<0,01)

**TABELA 2A** - Resumo da análise de variância para ganho de peso médio diário (GPMD), consumo de ração médio diário (CRMD) e conversão alimentar (CA).

Fonte de Variação	GL	GPMD	CRMD	CA
Gaiola	11	11834,84	3957,40**	0,0381
Fase	1	608016,66**	578461,50**	0,5790**
Tratamento	3	16683,33	1530,37 <sup>#</sup>	0,0784
Resíduo	8	7816,66	269,29	0,03162

\* (P<0,05) \*\* (P<0,01)

<sup>#</sup> Regressão linear significativa (P<0,05).

**TABELA 3A** - Resumo da análise de variância para nitrogênio ingerido (NI) em gramas por dia e por quilograma de peso metabólico e nitrogênio eliminado nas fezes expresso em gramas por dia e por quilograma de peso metabólico.

Fonte de Variação	GL	NI (g/d)	NI (PV <sup>0,75</sup> )	NF (g/d)	NF (PV <sup>0,75</sup> )
Gaiola	11	59,3272	0,1222	0,1844	0,0015
Fase	1	247,1058	0,0012	0,1862	0,0073
Tratamento	3	344,1274**	0,8942 <sup>†</sup>	5,4284**	0,0141**
Resíduo	8	0,6924	0,0008	0,1772	0,0709

\*\* Regressão linear significativa (P<0,01).

<sup>†</sup> Regressão quadrática significativa (P<0,01).

**TABELA 4A** - Resumo da análise de variância para nitrogênio eliminado na urina, expresso em gramas por dia e por quilograma de peso metabólico (NU), nitrogênio total eliminado (NET), expresso em gramas por dia e por quilograma de peso metabólico.

Fonte de Variação	GL	NU (g/d)	NU (PV <sup>0,75</sup> )	NET (g/d)	NET (PV <sup>0,75</sup> )
Gaiola	11	17,9044	0,0456	24,2214	0,0601
Fase	1	53,9340	0,0313	60,4582	0,0083
Tratamento	3	105,660**	0,2925**	156,022**	0,4275**
Resíduo	8	0,4558	0,0010	0,2375	0,0012

Regressão linear significativa \* (P<0,05) \*\* (P<0,01).

**TABELA 5A** - Resumo da análise de variância para nitrogênio retido (NR), expresso por dia e por quilograma de peso metabólico, eficiência de utilização do nitrogênio (EUN) e nitrogênio digestível (ND).

Fonte de Variação	GL	NR (g/d)	NR (PV <sup>0,75</sup> )	EUN (g/d)	ND (PV <sup>0,75</sup> )
Gaiola	11	8,9471	0,0130	17,9044	1,3800
Fase	1	63,0828	0,0160	53,9340	13,1286
Tratamento	3	36,8809**	0,0856**	105,6609**	1,4968
Resíduo	8	0,6582	0,0009	0,4558	0,6748

Regressão linear significativa \*\* (P<0,01).

**TABELA 6A** - Resumo da análise de variância para energia bruta eliminada nas fezes (EF) e energia bruta eliminada na urina (EU), valores expressos por quilograma de peso vivo metabólico.

Fonte de Variação	GL	EF (PV <sup>0,75</sup> )	EU (PV <sup>0,75</sup> )
Gaiola	11	20,9113	1,7375
Fase	1	14,4639	0,8675
Tratamento	3	193,2065 <sup>†</sup>	12,6051**
Resíduo	8	7,4543	0,0520

\*\* Regressão linear significativa (P<0,01).

<sup>†</sup> Regressão quadrática significativo (P<0,01).



**TABELA 7A** - Resumo da análise de variância para energia digestível (ED) e metabolizável (EM) das rações experimentais.

Fonte de Variação	GL	ED	EM	EM:ED
Gaiola	11	1082,59	682,34	0,000012
Fase	1	308,17	644,72	0,000006
Tratamento	3	2579,82	882,54	0,000092**
Resíduo	8	789,05	727,99	

Regressão linear significativa \*\* (P<0,01).

**TABELA 8A** - Resumo de análise de variância para peso inicial (PI), peso final (PF), peso corporal vazio (PVAZIO) e relação entre peso vazio e peso final (PV:PF).

Fonte Variação	GL	PI	PF	PVAZIO	PV:PF
Bloco	1	23,5853	1,2000	2,2963	0,7625
Tratamento	4	0,1721	1,5961	1,9344	2,2092
Resíduo	24	0,4610	1,6327	1,6755	2,3984

**TABELA 9A** - Resumo de análise de variância para consumo de ração médio diário (CRMD), ganho de peso médio diário (GPMD) e conversão alimentar (CA).

Fonte Variação	GL	CRMD	GPMD	CA
Bloco	1	0,0074	0,0080	0,1308
Tratamento	4	0,0002	0,0258	0,2273
Resíduo	24	0,0004	0,0021	0,0165

**TABELA 10A** - Resumo de análise de variância para rendimento de carcaça (RENDCARC) e peso de carcaça (PCARC).

Fonte de Variação	GL	RENDCARC	PCARC
Bloco	1	0,1882	1,2314
Tratamento	4	4,4247	2,5046
Resíduo	24	2,0432	1,6046

Regressão linear significativa \* (P<0,05).

**TABELA 11A** - Resumo de análise de variância para pesos de estômago (EST), intestino delgado (ID), intestino grosso (IG) e rins (RINS).

Fonte Variação	GL	EST	ID	IG	RINS
PABATE	1	0,0000033	0,08380	0,06635	0,00014
Bloco	1	0,000897	0,00228	0,00266	0,004541**
Tratamento	4	0,009891**	0,07727	0,03335	0,001176
Resíduo	23	0,001012	0,02168	0,01042	0,00049

Regressão linear significativa \*\* (P<0,01).

**TABELA 12A** - Resumo de análise de variância para pesos de pâncreas (PANC), fígado (FIG), coração (COR) e trato gastrointestinal total (TGITOTAL).

Fonte Variação	GL	PANC	TGITOTAL	FIG	COR
Pabate	1	0,000010	0,30131*	0,00099	0,000028
Bloco	1	0,000004	0,01672	0,00164	0,002318
Tratamento	4	0,000337	0,30876**	0,00217	0,000978
Resíduo	23		0,05026	0,00746	0,000580

Regressão linear significativa \*\* (P<0,01).

**TABELA 13A** - Resumo de análise de variância para peso de órgãos (ORGAOS).

Fonte Variação	GL	ÓRGÃOS
Pabate	1	0,3248*
Bloco	1	0,0811
Tratamento	4	0,3058*
Resíduo	23	0,0769

Regressão linear significativa \*\* (P<0,01).

**TABELA 14A** - Resumo da análise de variância para consumo de ração médio diário (CRMD), ganho de peso médio diário (GPMD) e conversão alimentar (CA).

Fonte Variação	GL	CRMD	GPMD	CA
Bloco	1	0,0074	0,0080	0,1308
Tratamento	4	0,0002	0,0258**	0,2273**
Resíduo	24	0,0004	0,0021	0,0165

Regressão linear significativa \*\* (P<0,01).

**TABELA 15A** - Resumo de análise de variância para uréia (URE), creatinina (CRE) e albumina (ALB) no soro sanguíneo.

Fonte Variação	GL	URE	CRE	ALB
Gaiola	11	55,8242**	0,0699	0,3048
Fase	1	3,5296	1,4333**	0,8935
Tratamento	3	169,8494**	0,0269	0,1695
Resíduo	8	6,673	0,0291	0,1710

Regressão linear significativa \*\* (P<0,01).

**TABELA 16A** - Resumo da análise de variância para umidade (UMID), proteína (PROT), lipídeos (LIP) e cinzas (CINZ) na carcaça.

Fonte de Variação	GL	UMID	PROT	LIP	CINZ
Bloco	1	4,4083	0,2466	2,6700	0,0112
Tratamento	4	7,8636**	0,2605	11,1838**	0,0027
Resíduo	24	0,7031	0,2922	0,9963	0,0049

\*\* (P<0,01).

**TABELA 17A** - Resumo da análise de variância para retenção de proteína (RPB) e deposição de lipídeos (DLIP) na carcaça.

Fonte de Variação	GL	RP	DLIP
Bloco	1	0,000067	0,00235
Tratamento	4	0,000196*	0,00050*
Resíduo	24	0,000081	0,0037

\* (P<0,05)

**TABELA 18A** - Resumo da análise de variância para umidade (UMID), proteína (PROT), lipídeos (LIPI) e cinzas (CINZ) nos órgãos.

Fonte Variação	GL	UMID	PROT	LIPI	CINZ
Bloco	1	0,2803	0,2881	0,0132	0,0022
Tratamento	4	8,2392**	1,4994**	16,2994**	0,0330
Resíduo	24	1,9497	0,3101	1,8782	0,0322

\*\* (P<0,01)

**TABELA 19A** - Resumo da análise de variância para retenção de proteína (RP) e deposição de lipídeos (DLIP) nos órgãos.

Fonte de Variação	GL	RP	DLIP
Bloco	1	0,000010	0,0000016
Tratamento	4	0,000069**	0,000174**
Resíduo	24	0,000014	0,000031

\*\* (P<0,01).

**TABELA 20A** - Resumo da análise de variância para umidade (UMID), proteína (PROT), lipídeos (LIPI) e cinzas (CINZ) corporal.

Fonte Variação	GL	UMID	PROT	LIP	CINZ
Bloco	1	2,4083	0,0563	1,7280	0,01200
Tratamento	4	7,6221**	0,2686**	11,6628	0,00583
Resíduo	24	0,7290	0,2149	0,9462	0,00547

\*\* (P<0,01).

**TABELA 21A** - Resumo da análise de variância para retenção de proteína (RP) e deposição de lipídeos (DLIP) corporal.

Fonte de Variação	GL	RP	DLIP
Bloco	1	0,000024	0,002394
Tratamento	4	0,00040*	0,000998*
Resíduo	24	0,00011	0,000494

\* (P<0,05).

**TABELA 22A** - Resumo de análise de variância para triglicerídeos (TRIG) e glucose (GLIC) no soro e plasma sanguíneo, respectivamente.

Fonte Variação	GL	TRIG	GLIC
Gaiola	11	55,3625	173,0863
Fase	1	11,9535	3018,6778**
Tratamento	3	181,1515	343,7604
Resíduo	8	196,9222	289,8850

\*\* (P<0,01).

**TABELA 23A** - Resumo de análise de variância para nitrogênio (NU) e uréia (URE) eliminados na urina.

Fonte Variação	GL	NU	URE
Gaiola	11	17,8846**	6,5225**
Fase	1	54,0000**	22,6981
Tratamento	3	105,6969**	50,7895**

\*\* (P<0,01).

**TABELA 24A** - Resumo de análise de variância para ácido úrico (URICO) e creatinina eliminados na urina.

Fonte Variação	GL	URICO	CRE
Gaiola	11	0,0155**	0,2796
Fase	1	0,0077	16,1048*
Tratamento	3	0,0054	0,0052
Resíduo	8	0,0044	0,5349

\* (P<0,05) \*\* (P<0,01).

**TABELA 25A** - Resumo da análise de variância para relação entre uréia e nitrogênio (URE:N), creatinina e nitrogênio (CRE:N) e ácido úrico e nitrogênio (URICO:N) eliminados na urina.

Fonte Variação	GL	URE:N	CRE:N	URICO:N
Gaiola	11	263,2746	22,9605	0,8686**
Fase	1	4847,1737*	35,4441	1,7626**
Tratamento	3	123,6857	118,5860**	3,0746**
Resíduo	8	304,3341	7,2298	0,1528

Regressão linear significativa \* (P<0,05) \*\* (P<0,01).