

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

SUPLEMENTAÇÃO DE AMINOÁCIDOS ESSENCIAIS EM  
DIETAS DE BAIXO NÍVEL PROTEICO PARA LEITÕES

Autora: Juliana Beatriz Toledo  
Orientador: Prof. Dr. Antonio Claudio Furlan  
Co-orientador: Prof. Dr. Ivan Moreira

MARINGÁ  
Estado do Paraná  
Agosto – 2012

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

SUPLEMENTAÇÃO DE AMINOÁCIDOS ESSENCIAIS EM  
DIETAS DE BAIXO NÍVEL PROTEICO PARA LEITÕES

Autora: Juliana Beatriz Toledo  
Orientador: Prof. Dr. Antonio Claudio Furlan  
Co-orientador: Prof. Dr. Ivan Moreira

Tese apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de DOUTORA EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá - Área de concentração Produção Animal

MARINGÁ  
Estado do Paraná  
Agosto – 2012

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)  
(Biblioteca Central - UEM, Maringá – PR., Brasil)

T649s Toledo, Juliana Beatriz  
Suplementação de aminoácidos essenciais em dietas  
de baixo nível proteico para leitões / Juliana  
Beatriz Toledo. -- Maringá, 2012.  
71 f. : il., figs., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Claudio Furlan.  
Co-orientador: Prof. Dr. Ivan Moreira.  
Tese (doutorado) - Universidade Estadual de  
Maringá, Centro de Ciências Agrárias, Programa de  
Pós-Graduação em Zootecnia, 2012.

1. Leitões - Suplementação de aminoácidos. 2.  
Balanço de nitrogênio - Avaliação - Leitões. 3.  
Proteína bruta. 4. Proteína ideal. 5. Ureia. I.  
Furlan, Antonio Claudio, orient. II. Moreira, Ivan,  
co-orient. III. Universidade Estadual de Maringá.  
Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-  
Graduação em Zootecnia. IV. Título.

CDD 21.ed. 636.4

ECSL-00381

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

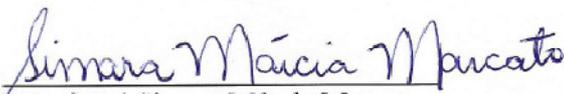
SUPLEMENTAÇÃO DE AMINOÁCIDOS ESSENCIAIS EM  
DIETAS DE BAIXO NÍVEL PROTEICO PARA LEITÕES

Autora: Juliana Beatriz Toledo  
Orientador: Prof. Dr. Antonio Claudio Furlan

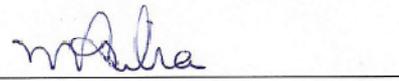
TITULAÇÃO: Doutora em Zootecnia – Área de concentração Produção  
Animal

APROVADA em 17 de agosto de 2012.

  
Prof. Dr. Paulo Cesar Pozza

  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Simara Márcia Marcato

  
Prof. Dr. Dirlei Antonio Berto

  
Prof. Dr. Marcos Augusto  
Alves da Silva

  
Prof. Dr. Antonio Claudio Furlan  
(Orientador)

“Não sei se a vida é curta ou longa para nós, mas sei que nada do que vivemos tem sentido, se não tocarmos o coração das pessoas.

Muitas vezes basta ser: colo que acolhe, braço que envolve, palavra que conforta, silêncio que respeita, alegria que contagia, lágrima que corre, olhar que acaricia, desejo que sacia, amor que promove.

E isso não é coisa de outro mundo, é o que dá sentido à vida. É o que faz com que ela não seja nem curta, nem longa demais, mas que seja intensa, verdadeira, pura enquanto durar.

Feliz aquele que transfere o que sabe e aprende o que ensina”.

Cora Coralina  
(1889-1985)

A Deus

... pela vida, pelo amor, toda a minha gratidão.

Ao meu esposo

Marcelo Aparecido Alves, pelo incentivo, "Cada qual sabe amar a seu modo; o modo, pouco importa; o essencial é que saiba amar (Machado de Assis)".

Aos meus pais

Ezequiel Toledo e Alice Margarida Toledo, "Lutar pelo amor é bom, mas alcançá-lo sem luta é melhor (William Shakespeare)".

Às minhas irmãs

Aretusa Sandra Toledo Conejo e Grasiela Sandra Toledo dos Santos, "A amizade é um amor que nunca morre (Mário Quintana)".

Às minhas irmãs de coração

Carla Viviane de Assis, Hanna Sakamoto Freitas e Sílvia Cristina de Aguiar, "Durante a nossa vida conhecemos pessoas que vêm e que ficam. Outras que, vêm e passam. Existem aquelas que, vêm, ficam e depois de algum tempo se vão, mas, existem aquelas que vêm e se vão com uma enorme vontade de ficar (Charles Chaplin)".

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual de Maringá, pela possibilidade de realização deste curso;

Ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia e a todos os professores que o compõem, pelos ensinamentos;

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

Ao meu orientador professor Dr. Antonio Claudio Furlan, pelas orientações e atenção para a realização deste projeto;

Aos professores Dr. Ivan Moreira, Dr. Paulo Cesar Pozza e Dr. Elias Nunes Martins, pela colaboração;

À AJINOMOTO BIOLATINA, pelo fornecimento dos ingredientes e análises para a condução deste estudo;

À Evonik Industries, pela realização de análises para a condução deste estudo;

Aos funcionários da Fazenda Experimental de Iguatemi/UEM, Antônio Aparecido Parma, Antônio Donizete de Moraes, Carlos José da Silva, João Salvalagio Rodriguês, Mauro dos Santos e Pedro Barizão, pela dedicação, auxílio e amizade;

Aos funcionários do Laboratório de Nutrição Animal, Cleuza Volpato, Creuza Azevedo e Hermógenes Neto, pela paciência e auxílio na realização das análises químicas;

Aos secretários do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Denílson Vicentin e Rose Pepinelli, pelos serviços prestados;

Aos colegas do grupo de pesquisa, Adriana Gomez Gallego, Angélica de Souza Khatlab, Clodoaldo de Lima Costa Filho, Gabriela Camargo, Gabriel Moresco, Ivan Rosina, Jariny Stefano, Jean Cardoso, Lina Maria Peñuela Sierra e Silvia Letícia Ferreira, em especial agradeço à Jocasta Carraro, Laura Marcela Diaz Huepa, Liliane Maria Piano e Paulo Levi de Oliveira Carvalho, pela atenção, dedicação e apoio para a realização deste trabalho;

À Ana Paula Silva Ton, pelo companheirismo e ajuda nas análises estatísticas;

Por fim, gostaria de agradecer aos meus amigos e familiares, pelo carinho e pela compreensão nos momentos de ausência, a todos que contribuíram direta ou indiretamente para a concretização deste projeto, o meu muito OBRIGADA.

## BIOGRAFIA

JULIANA BEATRIZ TOLEDO, filha de Ezequiel Toledo e Alice Margarida Toledo, nasceu em Maringá, Estado do Paraná, no dia 24 de abril de 1980.

Em fevereiro de 2006, concluiu o curso de graduação em Zootecnia, pela Universidade Estadual de Maringá.

Em abril de 2006, iniciou no Programa Apoio Técnico a Pesquisa – Nível 1<sup>a</sup>/CNPq, na Universidade Estadual de Maringá.

No dia 26 de maio de 2009, defendeu sua Dissertação, obtendo o título de Mestre em Zootecnia, pela Universidade Estadual de Maringá.

Em março de 2009, iniciou no Programa de Pós-graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá em nível de doutorado, sob a orientação do Professor Dr. Antonio Claudio Furlan, realizando estudos na área de concentração - Produção Animal (Nutrição de Suínos).

Submeteu-se, em fevereiro de 2012, ao Exame de Qualificação.

Em agosto de 2012 concluiu o Doutorado em Zootecnia, no Programa de Pós-graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá.

## ÍNDICE

	Página
LISTA DE TABELAS.....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	xi
TABELAS DO APÊNDICE.....	xii
RESUMO.....	xiii
ABSTRACT.....	xv
I – INTRODUÇÃO GERAL.....	1
1.1 Revisão de literatura.....	3
1.1.1 Proteína e aminoácidos.....	3
1.1.2 Aminoácidos essenciais e não essenciais.....	5
1.1.3 Conceito de proteína ideal.....	7
1.1.4 Redução do teor de proteína da ração com a utilização de aminoácidos sintéticos na alimentação de suínos.....	8
1.1.5 Balanço de nitrogênio.....	11
1.1.6 Excreção de nitrogênio.....	12
1.1.7 Efeito do teor de proteína da ração nos metabólitos do sangue e urina.....	14
Referências.....	17
II – OBJETIVOS GERAIS.....	21
III – REDUÇÃO DOS NÍVEIS DE PROTEÍNA BRUTA EM RAÇÕES SUPLEMENTADAS COM AMINOÁCIDOS ESSENCIAIS PARA LEITÕES DE 6 A 15 KG.....	22
Resumo.....	22
Abstract.....	23
Introdução.....	24
Material e Métodos.....	25
Resultados e Discussão.....	31
Conclusões.....	41
Referências.....	42

IV – REDUÇÃO DOS NÍVEIS DE PROTEÍNA BRUTA EM RAÇÕES SUPLEMENTADAS COM AMINOÁCIDOS ESSENCIAIS PARA LEITÕES DE 15 A 30 KG.....	45
Resumo.....	45
Abstract.....	46
Introdução.....	47
Material e Métodos.....	48
Resultados e Discussão.....	54
Conclusões.....	64
Referências.....	65
V- CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	68
VI- IMPLICAÇÕES.....	69
VII- APÊNDICE.....	71

## LISTA DE TABELAS

	Página
	REDUÇÃO DOS NÍVEIS DE PROTEÍNA BRUTA EM RAÇÕES SUPLEMENTADAS COM AMINOÁCIDOS ESSENCIAIS PARA LEITÕES DE 6 A 15 KG..... 22
TABELA 1 -	Composição centesimal e nutricional das rações contendo diferentes níveis de proteína bruta para leitões de 6 a 15 kg..... 26
TABELA 2 -	Peso final (PF), consumo diário de ração (CDR), ganho diário de peso (GDP) e conversão alimentar (CA) de leitões de 6 a 15 kg alimentados com rações de baixo nível proteico suplementadas com aminoácidos essenciais..... 31
TABELA 3 -	Níveis plasmáticos de ureia, creatinina e proteínas totais de leitões de 6 a 15 kg alimentados com rações de baixo nível proteico suplementadas com aminoácidos essenciais..... 34
TABELA 4 -	Efeito da redução dos níveis de proteína bruta com suplementação de aminoácidos essenciais sobre o balanço de nitrogênio em leitões de 6 a 15 kg..... 36
TABELA 5 -	Níveis plasmáticos de ureia, creatinina, proteínas totais e albumina para balanço de nitrogênio em leitões de 6 a 15 kg, alimentados com rações de baixo nível proteico suplementadas com aminoácidos essenciais..... 39
TABELA 6 -	Níveis de ureia e creatinina na urina de leitões de 6 a 15 kg, alimentados com rações de baixo nível proteico suplementadas com aminoácidos essenciais..... 40

	REDUÇÃO DOS NÍVEIS DE PROTEÍNA BRUTA EM RAÇÕES SUPLEMENTADAS COM AMINOÁCIDOS ESSENCIAIS PARA LEITÕES DE 15 A 30 KG.....	45
TABELA 1 -	Composição centesimal e nutricional das rações contendo diferentes níveis de proteína bruta para leitões de 15 a 30 kg.....	49
TABELA 2 -	Peso final (PF), consumo diário de ração (CDR), ganho diário de peso (GDP) e conversão alimentar (CA) de leitões de 15 a 30 kg alimentados com rações de baixo nível proteico suplementadas com aminoácidos essenciais.....	54
TABELA 3 -	Níveis plasmáticos de ureia, creatinina e proteínas totais de leitões de 15 a 30 kg alimentados com rações de baixo nível proteico suplementadas com aminoácidos essenciais.....	57
TABELA 4 -	Efeito da redução dos níveis de proteína bruta com suplementação de aminoácidos essenciais sobre o balanço de nitrogênio em leitões de 15 a 30 kg.....	59
TABELA 5 -	Níveis plasmáticos de ureia, creatinina, proteínas totais e albumina para balanço de nitrogênio em leitões de 15 a 30 kg, alimentados com rações de baixo nível proteico suplementadas com aminoácidos essenciais.....	62
TABELA 6 -	Níveis de ureia e creatinina na urina de leitões de 15 a 30 kg, alimentados com rações de baixo nível proteico suplementadas com aminoácidos essenciais.....	63

## LISTA DE FIGURAS

	Página
	22
FIGURA 1 -	37
	45
FIGURA 1 -	55

## TABELAS DO APÊNDICE

	Página
	REDUÇÃO DOS NÍVEIS DE PROTEÍNA BRUTA EM RAÇÕES SUPLEMENTADAS COM AMINOÁCIDOS ESSENCIAIS PARA LEITÕES DE 15 A 30 KG..... 45
TABELA 1 -	Sumário das variáveis de desempenho usando o modelo descontínuo Linear Response Plateau (LRP) e o modelo quadrático para a redução do nível proteico com suplementação de aminoácidos essenciais em rações de leitões de 15 a 30 kg.... 71
TABELA 2 -	Sumário valor biológico da proteína dietética (VBPD) usando o modelo descontínuo Linear Response Plateau (LRP) e o modelo quadrático para a redução do nível proteico com suplementação de aminoácidos essenciais em rações de leitões de 15 a 30 kg.... 71

## RESUMO

Quatro experimentos foram conduzidos com o objetivo de avaliar os efeitos da redução do nível de proteína bruta da dieta com suplementação de aminoácidos essenciais sobre o desempenho de leitões nas fases pré-inicial e inicial. No experimento I (desempenho de 6 a 15 kg) foram utilizados 120 leitões, desmamados aos 21 dias de idade, com peso vivo inicial de  $5,95 \pm 0,33$  kg e final  $16,17 \pm 1,52$  kg, distribuídos em um delineamento de blocos casualizados com cinco tratamentos, oito repetições e três animais por unidade experimental. Os tratamentos consistiram em cinco rações onde o teor de PB foi reduzido em 1,5 pontos percentuais (21,0%, 19,5%; 18,0%; 16,5% e 15,0%), sendo atendidas as exigências dos aminoácidos com adição de L-lisina, DL-metionina, L-treonina, L-triptofano, L-valina e L-isoleucina. Não foram observadas diferenças para as variáveis de desempenho com a redução dos níveis de PB nas rações, verificando assim, que os níveis estudados podem ser utilizados nas rações de leitões, desde que haja suplementação com aminoácidos sintéticos. A relação AAE: AANE aumentou com a redução dos níveis proteicos, onde a melhor relação foi de 0,53 para o nível de 15% de PB. O teor de ureia reduziu linearmente com a redução dos níveis proteicos. No experimento II (balanço de nitrogênio de 6 a 15 kg) foram utilizados 20 leitões, machos castrados, (desmamados aos 21 dias de idade). Foram realizadas duas repetições no tempo e a média de peso vivo dos leitões foi de  $10,79 \pm 2,19$  kg. Os leitões foram alojados em gaiolas de metabolismo e distribuídos em um delineamento de blocos ao acaso, totalizando cinco tratamentos e quatro repetições, sendo a unidade experimental constituída por um leitão. Houve redução linear na excreção de N e concentração de ureia no sangue e na urina com a redução dos níveis de PB, o que contribui com uma menor excreção de N no meio ambiente. No experimento III (desempenho de 15 a 30

kg), foram utilizados 60 leitões, com peso vivo inicial de  $15,34 \pm 0,87$  kg e final  $30,08 \pm 1,59$  kg, distribuídos em um delineamento de blocos casualizados com cinco tratamentos, seis repetições e dois animais por unidade experimental. Os tratamentos consistiram em cinco rações onde o teor de PB foi reduzido em 1,5 pontos percentuais (19,24%, 17,74%; 16,24%; 14,74% e 13,24%), sendo atendidas as exigências dos aminoácidos, com adição de L-lisina, DL-metionina, L-treonina, L-triptofano, L-valina e L-isoleucina. As estimativas de melhor ganho diário de peso e conversão alimentar, de acordo com o modelo LRP, foram de 14,23% e 14,79% de PB, respectivamente. À medida que os níveis de PB foram reduzidos houve aumento na relação AAE: AANA. A concentração de ureia plasmática reduziu linearmente ( $P < 0,05$ ), indicando que houve melhor aproveitamento dos aminoácidos à medida que se reduziu a PB. No experimento IV (balanço de nitrogênio de 15 a 30 kg) foram utilizados 30 leitões, machos castrados, com  $21,69 \pm 4,46$  kg de peso vivo médio inicial, alojados em gaiolas de metabolismo, distribuídos em um delineamento de blocos ao acaso, totalizando cinco tratamentos, seis repetições, sendo a unidade experimental constituída por um leitão. O valor biológico da proteína das rações permaneceu acima do ideal (70%), onde o nível de 13,24% de PB correspondeu ao maior valor obtido. Não houve diferença para os níveis de ureia no sangue e urina. Conclui-se que a redução dos níveis proteicos foi eficiente para diminuir o efeito poluidor nos dejetos, com menor excreção de nitrogênio nas fezes e na urina.

**Palavras-chave:** balanço de nitrogênio, proteína bruta, proteína ideal, suíno, ureia

## ABSTRACT

Four experiments were carried out to evaluate the effects of reducing the crude protein levels of diets supplemented with essential amino acids on pigs performance in pre-starter and starter phases. In the experiment I (performance to 6 a 15 kg) were used 120 piglets, weaned at 21 days old, with initial weight of  $5.95 \pm 0.33$  kg and final weight of  $16.17 \pm 1.52$  kg, distributed in a randomized block design with five treatments, eight replicates and three animals per experimental unit. The treatments consisted of five diets where the CP was reduced by 1.5% (21.0, 19.5, 18.0, 16.5 and 15.0 percentage points), meeting the requirements of amino acids with addition of L-lysine, DL-methionine, L-threonine, L-tryptophan, L-valine and L-isoleucine. No differences were observed for performance variables with reduced CP levels in diets, ensuring that the studied levels can be used in piglets diets, since there is synthetic amino acids supplementation. The EAA: NEAA ratio increased with the reduction of protein levels, where the best ratio was 0.53 for the level of 15% CP. The urea content decreased linearly with the reduction of protein levels. In the experiment II (balance nitrogen to 6 to 15 kg) were used 20 crossbred barrow piglets (weaned at 21 days). There were two replications in time, where the average weight of piglets was  $10.79 \pm 2.19$  kg. The piglets were housed in metabolism cages, distributed in a completely randomized design, with a total of five treatments, four replicates and the experimental unit consisted of a piglet. There was a decrease in N excretion and urea concentration in blood and urine with reduced levels of CP, which contributes to a lower N excretion to the environment. In the experiment III (performance to 15 to 30 kg) were used 60 piglets, with initial weight of  $15.34 \pm 0.87$  kg and final weight of  $30.08 \pm 1.59$  kg, distributed in a randomized block design with five treatments, six replicates and two animals per experimental unit. The treatments consisted of five diets where the CP was reduced by 1.5 percentage points,

resulting in low protein diets (19.24%, 17.74%, 16.24%, 14.74% and 13.24%), meeting the requirements of amino acids with added L-lysine, DL-methionine, L-threonine, L-tryptophan, L-valine and L-isoleucine. The average daily gain and feed conversion ratio according to linear response plateau model (LRP) were estimated 14.23% and 14.79% of CP respectively. As the CP levels were reduced there was an increase in the EAA:NEAA ratio. The plasma urea concentration decreases in a linear effect ( $P < 0.05$ ), indicating that there was a better use for amino acids with the CP reduction. In the experiment IV (balance nitrogen to 15 to 30 kg were used 30 crossbred barrow piglets, with average weight of  $21.69 \pm 4.46$  kg, housed in metabolism cages, distributed in a completely randomized design, with a total of five treatments, six replicates and the experimental unit consists of a piglet. The protein biological value in the diets remained above the ideal (70%), where the level of 13.24% CP corresponded to the highest value. There was no difference in levels of urea in blood and urine. It can be concluded that the reduction of protein levels was efficient to decrease the pollution effect in dejects, with a smaller nitrogen excretion in feces and urine.

**Key Words:** crude protein, ideal protein, nitrogen balance, pig, urea

## I – INTRODUÇÃO GERAL

A suinocultura é uma atividade de muita importância no Brasil, e as condições do país com relação à área e ao clima favorecem a criação. Nos últimos quinze anos a suinocultura brasileira, a exemplo de outras cadeias produtivas, cresceu significativamente. Esse crescimento é percebido em vários indicadores econômicos e sociais, tais como volume de exportações, participação no mercado mundial, número de empregos diretos e indiretos, entre outros. Entretanto, os impactos da suinocultura sobre os recursos ambientais, principalmente sobre o solo, água e ar, têm despertado a atenção, na medida em que algumas criações tradicionais têm negligenciado a aplicação de boas práticas de conservação ambiental que a atividade requer.

O Brasil é o quarto maior exportador mundial de carne suína. Nos anos recentes, sua competitividade esteve comprometida, de um lado pela valorização do Real, de outro pela mudança dos procedimentos de alguns mercados. O fortalecimento do mercado interno tornou as vendas domésticas mais atrativas do que exportar (ABIPECS, 2011).

O consumo per capita de carne suína em 2011 atingiu o patamar de 15,1 kg, valor maior que o Brasil vem apresentando desde 2006, período em que o consumo se manteve estagnado na casa dos 13 kg per capita. A preferência dos consumidores está concentrada nos produtos frescos (linguiça) e nos pratos prontos. A demanda por cortes in natura, no mercado interno, ainda é incipiente (ABIPECS, 2011).

A importância econômica da produção de carne, entre elas a de origem suína, assim como a pressão da sociedade para que se reduza a quantidade de dejetos eliminados no ambiente, obriga os nutricionistas e produtores a buscar novas tecnologias que melhorem a eficiência na utilização de nutrientes pelos animais. Assim, as exigências

nutricionais dos animais deveriam ser adequadamente ajustadas para evitar o excesso de nutrientes nas rações, que não sendo aproveitados acabam eliminados nas fezes e urina, podendo contaminar o solo e as reservas de água (Bünzen et al., 2008).

O produtor deve fornecer ração adequada para cada fase de criação, assim, o animal poderá desempenhar todo o seu potencial genético. Entre os alimentos presentes nas rações para leitões, a maior atenção concerne à fonte proteica utilizada, uma vez que o consumo, ganho de peso, digestibilidade de nutrientes e a atividade das enzimas pancreáticas podem ser afetados pela ingestão dos alimentos.

O período logo após o desmame tem trazido inúmeros problemas relacionados com o tipo e a qualidade das matérias-primas empregadas na nutrição de leitões (Peiniau et al., 1996). Um mau desenvolvimento inicial da imunidade pode ter custos significativos ao longo do ciclo de produção. O desmame dos leitões envolve a mistura de animais de diferentes leitegadas e a transição de um fornecimento de nutrientes dietéticos de uma forma predominantemente líquida para uma seca, causando estresse social e fisiológico.

Além da baixa atividade das enzimas pancreáticas e intestinais, o reduzido aproveitamento da proteína de origem vegetal pelos leitões em relação a um animal adulto ocorre em razão da menor produção de ácido no estômago. Conseqüentemente, o excesso de proteína não digerida favorece a proliferação de microrganismos patogênicos no trato digestivo e no ambiente, via dejetos, aumentando a incidência de diarreias e interferindo no aspecto sanitário da produção (Suida, 2001). Além disso, antígenos dietéticos presentes em alguns alimentos de origem vegetal podem desenvolver uma resposta imune no intestino. Resultando em encurtamento das vilosidades e hiperplasia das criptas (Zangeronimo et al., 2006).

Existem muitos trabalhos avaliando a redução da proteína bruta com suplementação de aminoácidos na alimentação de suínos, no entanto, muitos desses levaram em consideração apenas a lisina, metionina e treonina (Di Campos et al., 2008) e triptofano (Oliveira et al., 2004). Excelentes resultados práticos, em experimentos e rebanhos comerciais, são sido obtidos com rações contendo níveis reduzidos em quatro a cinco unidades percentuais de proteína bruta, mantendo o perfil de proteína ideal e utilizando até o aminoácido valina (Vidal et al., 2010).

## 1.1. Revisão de literatura

### 1.1.1. Proteína e aminoácidos

O termo proteína foi proposto pelo químico suíço Jacob Berzelius, a partir do grego *proteios*, que significa primeiro ou de principal importância. Economicamente as proteínas são de extraordinário valor para a população humana. Por isso, uma das razões de ser da nutrição animal é oferecer produtos animais particularmente ricos em proteínas de alta qualidade para o consumo humano (Nunes, 1998). Sendo assim, as proteínas possuem um papel especial para o nutricionista, interessado em reduzir os custos de produção sem reduzir o valor nutricional dos alimentos ou a produtividade do animal.

O método Kjeldahl analisa todo o nitrogênio contido no alimento. O valor do nitrogênio encontrado na análise é multiplicado por 6,25 para calcular o teor de proteína bruta. Isto é baseado no fato de que as proteínas possuem em média 16% de nitrogênio ( $100/16 = 6,25$ ) (Lewis, 1991).

As proteínas são macromoléculas biológicas mais abundantes que ocorrem em todas as células e em todas as partes da célula. Formadas por polímeros de aminoácidos, são os instrumentos moleculares por meio dos quais a informação genética é expressa. Subunidades monoméricas relativamente simples fornecem a chave para a estrutura de milhares de proteínas diferentes (Nelson & Cox, 2011).

As proteínas exibem uma diversidade de funções biológicas, como reguladoras do metabolismo, tais como as enzimas e os hormônios; elementos estruturais, como as de membranas, músculos e tecido conjuntivo; substâncias de transporte, tais como oxigênio pela hemoglobina e elétrons pelo citocromo c; osmorreguladores, como a albumina; componentes de ácido nucleico, como em nucleoproteínas e defensores do organismo, tais como as imunoglobulinas e os interferons (Swenson & Reece, 1996).

A principal finalidade das fontes proteicas é fornecer aminoácidos com o objetivo de suplementar os alimentos energéticos, permitindo, dessa forma, o balanceamento adequado dos nutrientes na ração para atender às exigências nutricionais dos suínos em cada fase do ciclo de produção (Fialho, 2009).

As proteínas representam a maior fração dos compostos nitrogenados no organismo animal, chegando a 20% do peso corpóreo. São compostos de alto peso molecular formado por unidades básicas (aminoácidos) unidos por ligação peptídica. Do ponto de

vista nutricional o que distingue as proteínas é o seu aporte de aminoácidos. São conhecidos 23 aminoácidos que compõem as proteínas (Bertechini, 2003).

Existem métodos biológicos para se avaliar o valor nutricional das proteínas, entre eles destacam-se a determinação do valor biológico das proteínas; a utilização líquida da proteína; a digestibilidade *in vivo* ou *in situ*; a avaliação do valor nutricional de alimentos por meio do desempenho dos animais e a avaliação dos efeitos dos fatores antinutricionais presentes nos alimentos (Sgarbieri, 1996).

Durante os processos de digestão, as proteínas são desdobradas em suas unidades menores, os aminoácidos e os peptídeos. Estes são absorvidos e entram na corrente sanguínea, sendo incorporados em novas moléculas de proteína e participam do metabolismo e da síntese de tecidos (Nelson & Cox, 2011).

O primeiro aminoácido descoberto foi a asparagina, em 1806. O último a ser encontrado, a treonina, não foi identificado até 1938. Os aminoácidos possuem nomes comuns ou triviais, em alguns casos derivados da fonte da qual ele foi primeiramente isolado (Nelson & Cox, 2011).

A principal utilização dos aminoácidos ocorre na síntese proteica orgânica, no entanto em caso de deficiência energética, esses aminoácidos poderão ser deaminados e o esqueleto carbônico entrar no metabolismo energético para produção de ATP. Os aminoácidos absorvidos em excesso às necessidades, também serão deaminados com eliminação do nitrogênio via urina (Bertechini, 2003).

De acordo com Kansas (1994), a deficiência de um ou mais aminoácidos provoca redução na velocidade de ganho de peso, piora na conversão alimentar e redução no desempenho reprodutivo dos suínos.

Todos os 20 aminoácidos comuns são  $\alpha$ -aminoácidos. Essa denominação é dada em virtude dos aminoácidos possuírem um grupo carboxila e um grupo amino ligados ao mesmo átomo de carbono (carbono  $\alpha$ ). Os aminoácidos se diferem uns dos outros em suas cadeias laterais, ou grupos R, os quais variam em estrutura, tamanho e carga elétrica, e influenciam a solubilidade dos aminoácidos em água. Além dos 20 aminoácidos, há muitos outros menos comuns. Alguns são resíduos modificados depois que a proteína foi sintetizada; outros são aminoácidos presentes em organismos vivos, mas não como constituintes de proteínas (Nelson & Cox, 2011).

Praticamente todos os compostos biológicos que apresentam um centro quiral ocorrem naturalmente em somente uma forma estereoisomérica, seja D ou L. Os resíduos de aminoácidos em moléculas de proteínas são exclusivamente

estereoisômeros L. Resíduos de D-aminoácidos são encontrados em somente poucos e, geralmente, pequenos peptídeos, incluindo alguns peptídeos de parede celular bacteriana e certos peptídeos antibióticos. Os D-aminoácidos são produzidos diretamente a partir dos isômeros L (Nelson & Cox, 2011).

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 (Nunes, 1998).

Com os avanços no campo da biotecnologia, o custo de produção dos aminoácidos é significativamente reduzido, sendo um dos fatores chave na expansão do seu uso na alimentação animal.

#### 1.1.2. Aminoácidos essenciais e não essenciais

Os nutricionistas reconhecem que o perfil de aminoácidos, quer seja na quantidade ou na qualidade das proteínas da dieta, são de extrema importância para uma melhor produtividade e melhor saúde dos animais. Assim, os aminoácidos podem ser agrupados de acordo com o seu sistema de transporte, ou seja, pela sua afinidade; por serem essencial ou não essencial; e ainda com base no destino do seu esqueleto carbonado após serem catabolizados (D'Mello, 2003).

A metade dos aminoácidos é sintetizada pelo organismo e suprem as necessidades celulares. Aqueles que não podem ser sintetizados, ou em quantidade adequada ou em velocidade apropriada às suas necessidades fisiológicas e de produção são chamados de aminoácidos essenciais (AAE) e devem ser oferecidos na ração dos animais (Nunes, 1998).

Segundo D'Mello (2003) são considerados aminoácidos essenciais a lisina, metionina, triptofano, valina, histidina, fenilalanina, leucina, isoleucina e treonina; arginina, cisteína, tirosina e prolina são considerados como aminoácidos condicionalmente essenciais. Os aminoácidos não essenciais (AANE) podem ser sintetizados por transaminação simples, ou em alguns casos por reações mais complexas; de metabólitos a partir dos produtos de oxidação da glicose; ou ainda, a partir do ciclo da ureia em mamíferos como é o caso da arginina (Boisen, 2003).

De acordo com Boisen (2003), os AAE podem ser separados em dois grupos de acordo com o seu grau de limitação (aminoácido limitante que é exigido em maiores quantidades na dieta). Um grupo principal que inclui a lisina, treonina, metionina e triptofano, que geralmente são utilizados para melhorar a qualidade da proteína nas dietas práticas de suínos, e um grupo secundário, que inclui a isoleucina, valina, leucina, histidina e fenilalanina, o qual podem se tornar limitantes quando as rações são suplementadas com aminoácidos a partir do grupo principal. No entanto, o desempenho dos suínos alimentados com rações contendo baixos níveis de proteína bruta pode ser limitado pela deficiência de AANE.

Dessa forma, o uso de aminoácidos cristalinos tem gerado uma série de dúvidas, principalmente em se tratando da relação AAE: AANE (Oliveira et al., 2006), uma vez que, na prática, apenas alguns aminoácidos (lisina, metionina e treonina, por exemplo) são utilizados em rações que contêm níveis reduzidos de proteína bruta (Zangeronimo et al., 2006).

A maioria da disparidade entre as estimativas publicadas sobre a ótima relação entre AAE: AANE é atribuída aos diferentes meios de expressar a relação entre os dois grupos de aminoácidos, às diferentes classificações em relação às suas essencialidades e às diferentes abordagens metodológicas. Alguns aminoácidos são nomeados como semi-essenciais, o qual é classificado alternativamente como AAE ou AANE por diferentes autores.

A arginina é um bom exemplo para os leitões, pois pode ser considerada como essencial somente em uma fase de criação. A taxa de síntese de arginina pode não ser suficientemente elevada para satisfazer os requerimentos deste aminoácido na fase inicial, sendo que dos 3 aos 20 dias de idade a taxa de síntese é alta e após esse período diminui, podendo assim, tornar um aminoácido essencial (Fuller, 1994). Por outro lado o fornecimento deste aminoácido parece sempre estar em excesso nas dietas práticas de leitões. Assim, a arginina é considerada como um AAE somente em uma determinada idade dos leitões, e para animais em crescimento é considerado juntamente com a cisteína e tirosina como aminoácidos condicionalmente essenciais, pois esses aminoácidos podem ser sintetizados a partir da metionina e fenilalanina, respectivamente.

Para Roth et al. (1999), o excesso de AANE é uma pré-condição para ótima retenção de nitrogênio, porque uma alta disponibilidade metabólica de AAE diminui a quantidade de transformação de AAE em AANE.

Para obter a otimização do ganho de peso e conversão alimentar não basta suplementar as dietas de baixa proteína com AAE, e sim garantir também o balanço entre os AAE e a proteína bruta ou o somatório de AAE e AANE. De acordo com Wang & Fuller (1989) a relação entre AAE: AANE para suínos deve ser próxima de 50:55-45.

### 1.1.3. Conceito de proteína ideal

Durante muitos anos a formulação de rações para suínos foi baseada no conceito de proteína bruta, que, na maioria das vezes, fazia com que as dietas tivessem níveis de aminoácidos desbalanceados. A quantidade de nutrientes excretada nas fezes e urina é influenciada por vários fatores, incluindo qualidade, digestibilidade, disponibilidade e nível do nutriente na dieta, além do método de processamento do alimento e a influência de fatores ambientais (NRC, 1998).

Um dos maiores avanços na compreensão das exigências de aminoácidos é o conceito de que existe uma "proteína ideal" para o suíno, que contém todos os aminoácidos essenciais no equilíbrio correto. O conceito foi desenvolvido no início de 1950 (Mitchell, 1950; Williams, Curtin, Abraão, Loosli e Maynard, 1954), mas em grande parte passaram despercebidos. Foi somente na década de 1970 que o conceito foi revisto no Reino Unido. Com o decorrer dos anos os nutricionistas foram aperfeiçoando as técnicas para se determinar as exigências dos suínos e, com isso novas tabelas foram sendo criadas (Bertechini, 2003).

Batterham (1994), afirma que aminoácidos essenciais e não essenciais devem ser incluídos no conceito de proteína ideal em uma proporção correta. Cole & Van Lunen (1994), sugeriram que para fornecer a proteína ideal seria necessário proporcionar uma mistura equilibrada de aminoácidos essenciais com suficiente nitrogênio para a síntese de aminoácidos não essenciais.

A proteína ideal é definida como o balanço de aminoácidos que atende as exigências para manutenção e produção dos animais, sem deficiência ou excesso, evitando o desvio de aminoácidos essenciais para a formação de aminoácidos não essenciais ou formação de energia. O conceito estabelece que todos os aminoácidos podem ser relacionados com um aminoácido referência e, se a exigência desse aminoácido varia, em razão do genótipo ou peso vivo, por exemplo, o padrão dos

demais aminoácidos se altera proporcionalmente, para manter a relação com o aminoácido referência (Moura, 2004).

A lisina foi escolhida como aminoácido referência (padrão), por apresentar praticidade na análise, baixo custo de suplementação, e ainda, por que existem muitas informações sobre sua concentração e digestibilidade nos ingredientes. Portanto, no conceito de proteína ideal, o pesquisador tem que atualizar apenas as exigências de lisina, pois, as exigências dos demais aminoácidos são calculadas a partir desse aminoácido, descrito em tabelas de recomendações nutricionais. Esta escolha melhorou a precisão de pesquisas sobre aminoácidos, fornecendo uma base comum para comparar as estimativas de exigências de aminoácidos no mundo (Batterham, 1994).

#### 1.1.4. Redução do teor de proteína da ração com a utilização de aminoácidos sintéticos na alimentação de suínos

Normalmente, os estudos realizados para avaliar a redução da proteína bruta com suplementação de aminoácidos são feitos de forma que a proteína foi reduzida apenas com o uso de L-lisina, DL-metionina, L-treonina e L-triptofano, na sua grande maioria. Existem poucos experimentos em que a diminuição do teor de proteína bruta da ração tenha sido mais drástica, com suplementação, por exemplo, de L-valina, L-isoleucina e L-arginina nas formas sintéticas.

Um estudo realizado para avaliar o desempenho zootécnico e bioeconômico em leitões dos 21 aos 42 dias de idade, recebendo diferentes níveis de proteína bruta na ração (17%, 19%, 21% e 23%), com suplementação apenas de lisina e metionina, mostrou que o nível de 23% de proteína bruta foi que apresentou melhor resultado (Santiago et al., 2004).

Kerr & Easter (1995) avaliaram o efeito do teor de proteína bruta em suínos em crescimento (21,7 kg de peso vivo). Os tratamentos experimentais foram: 1- 16% de PB; 2- 12% de proteína bruta e suplementada com aminoácidos essenciais e não essenciais para simular a ração 16% de PB; 3- 12% de proteína bruta e suplementada com L-lisina, triptofano, treonina e aminoácidos não essenciais; 4- 12% de PB e suplementada com lisina, triptofano e treonina e 5- 12% de proteína bruta, que foi o controle negativo. A suplementação de aminoácidos essenciais e não essenciais em rações com 12% de proteína bruta, 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 lisina, triptofano e treonina na ração com 12% de proteína ocorreu menor eliminação de nitrogênio na urina.

Os efeitos da redução da proteína bruta da ração (21%, 19,5%, 18% e 16,5%) via suplementação de aminoácidos, sobre a excreção de nitrogênio e o efeito da redução do farelo de soja (de 32% para 22%) sobre o desempenho em leitões na fase inicial foram avaliados por Zangeronimo et al. (2006). Houve um melhor aproveitamento dos aminoácidos dietéticos à medida que se reduziu a proteína bruta na ração até o nível de 16,5%, com menor excreção de nitrogênio na urina. O desempenho não foi influenciado, porém, reduziu a incidência de diarreia.

A determinação de exigências nutricionais de animais e a avaliação da qualidade de alimentos, entre outras técnicas aplicadas à nutrição de suínos, têm otimizado a produção de rações, permitindo o adequado suprimento de aminoácidos, bem como de outros nutrientes essenciais. As pesquisas em nutrição de aminoácidos, principalmente sobre lisina, representam uma boa parcela dos estudos por causa da importância nutricional dos aminoácidos para adequada síntese de proteínas corporais. Rações balanceadas devem utilizar conceitos modernos, como aminoácidos digestíveis e proteína ideal para garantirem os nutrientes necessários para um desempenho adequado (Rostagno, 2005).

Segundo Bertechini (2003), o nível de proteína das dietas de suínos suporta duas finalidades básicas, que são a de proporcionar quantidades de aminoácidos essenciais para manter o metabolismo orgânico, e nitrogênio para a biossíntese dos aminoácidos dieteticamente dispensáveis.

Para Boisen (2003), um acordo geral sobre as exigências de aminoácidos para suínos ainda não é muito bem estabelecida. Provavelmente, a principal razão para isso seja o número de fatores diferentes que podem influenciar a necessidade real de cada um dos aminoácidos individualmente e, conseqüentemente, o resultado obtido nos estudos. Obviamente se esses resultados não são compreendidos ou devidamente considerados, não haverá validação dos mesmos.

As exigências proteicas de suínos variam de acordo com o estágio fisiológico, função fisiológica, sexo, temperatura ambiente, entre outras. Existem recomendações diferenciadas quanto aos níveis proteicos nas rações para leitões com peso vivo compreendido de 5 kg a 10 kg. Nesse caso, o NRC (1988) sugere 20%, já o NRC (1998)

indica 23,7%. Segundo Rostagno et al. (2000), os níveis proteicos devem estar de acordo com o potencial genético, sendo: 18%, 21% e 22% para baixo, médio e alto potencial, respectivamente. Recentemente foi sugerido para leitões de alto potencial genético na fase pré-inicial, machos castrados ou inteiros e fêmeas com peso vivo de 3,5 kg a 9 kg a exigência de 20% de proteína bruta e para leitões dos 9,3 kg aos 15 kg 21% (Rostagno et al., 2011). Deve-se salientar que esses são níveis sugeridos e que o leitão de 3,5 kg que ainda não foi desmamado, encontra-se em vantagem aos demais, porque ainda recebe o leite materno.

A avaliação dos níveis de proteína bruta para suínos de 5 kg a 15 kg de peso vivo, desmamados aos 27 dias, foi verificada por Donzele et al. (1992) utilizando rações à base de milho, farelo de soja e leite em pó desnatado. Observou-se que o melhor nível de proteína para essa fase foi de 18,67%. Os mesmos autores observaram que o ganho de peso diário dos leitões que receberam 16% de proteína bruta foi sensivelmente menor em relação aos que receberam 18% ou mais, contudo, não observaram efeito sobre o consumo. Neste experimento os autores não usaram aminoácidos sintéticos, os níveis de proteína foram alcançados somente com o aumento do farelo de soja nas rações.

Para Trindade Neto et al. (1994), o nível de 16% de proteína bruta parece ser satisfatório para leitões desmamados com 28 dias de idade, desde que as exigências nutricionais de aminoácidos limitantes, como lisina e metionina, sejam atendidas. Desempenhos semelhantes foram observados com a utilização de dietas com 21% de proteína bruta comparadas com dietas com 17%, desde que suplementadas com lisina, metionina e treonina, levando a crer que se pode reduzir a quantidade de proteína na ração por meio do balanceamento de aminoácidos (Hansen et al., 1993).

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 também avaliaram 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 dos aminoácidos lisina, treonina e triptofano, o ganho de peso e a conversão alimentar foram semelhantes aos obtidos com a ração controle.

### 1.1.5. Balanço de nitrogênio

O método de coleta total de fezes e urina foi descrito por Sibbald & Slinger (1963) e é um dos métodos mais utilizados para determinar a digestibilidade de nutrientes, assim como os valores de energia digestível e metabolizável dos alimentos ou rações. O ensaio envolve um período de adaptação dos animais às rações e às instalações que deve ser de 4 a 7 dias, e o período de coleta das fezes e urina e controle do consumo das rações de 4 a 5 dias (Sakomura & Rostagno, 2007).

Ensaio de digestibilidade com suínos em crescimento foram realizados por Sugimoto & Furuya (1983) com o objetivo de determinar o tempo ótimo dos períodos de adaptação e de coleta de fezes. Os autores concluíram que, para o período de adaptação, após 3 ou 4 dias, as fezes atingiam o *steady state* (estado estacionário) e sugeriram no mínimo 4 dias de adaptação às dietas experimentais. Para o período de coleta de fezes os pesquisadores concluíram que o coeficiente de variação da digestibilidade aparente dos nutrientes das dietas experimentais foi maior nos primeiros 3 a 4 dias de coleta, diminuindo muito pouco com períodos de coletas maiores.

O método da coleta total, apesar de proporcionar bons resultados, tem apresentado alguns problemas. Um dos principais problemas é obtenção de uma amostra representativa das fezes, urina ou excretas para posteriores análises, principalmente em virtude da contaminação com a ração, pelas penas, descamação da pele e perda de excreta durante a coleta. Outro cuidado a ser tomado em relação à coleta das fezes e ou excretas é evitar sua fermentação, reduzindo o intervalo entre as coletas (Sakomura & Rostagno, 2007).

O balanço de nitrogênio é a diferença entre o nitrogênio ingerido e a soma do nitrogênio excretado nas fezes e na urina, o qual é obtido pelo método de coleta total de fezes e urina. Para Sgarbieri (1996), em indivíduos adultos e sadios, recebendo uma dieta balanceada em relação aos nutrientes nitrogenados devendo-se encontrar o verdadeiro balanço de nitrogênio, isto é, o nitrogênio ingerido deverá ser igual à soma do nitrogênio excretado nas fezes e na urina. Nos indivíduos em crescimento deve-se encontrar o chamado de “balanço positivo” em que o nitrogênio ingerido deverá ser superior à soma do nitrogênio excretado pelas vias fecal e urinária.

Essa situação de retenção de nitrogênio é importante sempre que houver necessidade de formação de novos tecidos pelo organismo. Isto se verifica não só no crescimento normal como também em determinados estados fisiológicos (prenhez,

lactação, período de recuperação após ferimentos), em que o organismo tem necessidade de formar novos tecidos e proteínas ou de repor perdas endógenas, que ocorrem como consequência do estado patológico (Sgarbieri, 1996).

Por outro lado, existem várias condições em que o balanço de nitrogênio poderá ser negativo. Esta situação ocorre em estados mórbidos ou patológicos ou em idade muito avançada em que se verifica uma perda maior de nitrogênio endógeno como consequência da predominância do catabolismo sobre o anabolismo. No entanto, isso vai depender do tipo de patologia, pois a exigência pode ser maior ou menor dependendo de cada caso patológico. Resultado semelhante se verifica, também, após ingestão contínua de uma dieta desbalanceada, contendo proteínas de má qualidade e que não contém um ou mais dos aminoácidos essenciais (Sgarbieri, 1996).

O balanço de nitrogênio, tanto em indivíduos adultos como em indivíduos em crescimento, poderá fornecer dados sobre o valor nutritivo das proteínas, através de cálculo dos índices de digestibilidade, valor biológico da proteína dietética e utilização líquida da proteína.

#### 1.1.6. Excreção de Nitrogênio

Toda tecnologia que melhora a eficiência alimentar dos animais deve ser encarada como um fator para a redução da quantidade de dejetos produzidos. Os dejetos dos suínos possuem diferentes elementos químicos como nitrogênio, fósforo, potássio e elementos biológicos (microrganismos) que podem provocar danos ao ambiente. Cada elemento, encontrado nos dejetos dos suínos, possui características próprias, resultando em diferentes situações ou grau de prejuízo ao ambiente, quando não manejados corretamente.

O nitrogênio é um dos principais elementos poluidores, presente nos dejetos da suinocultura, sendo de grande importância desenvolver e aperfeiçoar tecnologias com o objetivo de reduzir a excreção de nitrogênio na suinocultura moderna. O excesso de nitrogênio nos dejetos é transformado em muitas substâncias não desejáveis ao ambiente, saúde e desempenho de animais e do homem, como nitrato e amônia (Paiano, 2009).

A quantidade total de dejetos líquidos produzidos varia de acordo com o desenvolvimento ponderal dos animais. Para os suínos, os valores são decrescentes de

8,5 a 4,9% de seu peso vivo por dia, na faixa de 15 a 100 kg. O volume produzido também depende de outros fatores como o manejo, o tipo de bebedouro e o sistema de higienização adotado, entre outros (Perdomo et al., 2003).

Os aminoácidos da dieta requeridos pelos suínos são destinados para a manutenção dos tecidos e síntese de proteína corporal. A parte indigestível da proteína dietética é excretada através das fezes. Contudo, a maior proporção do nitrogênio excretado é eliminado na urina, resultante do processo de desaminação do excesso de aminoácidos absorvidos (nitrogênio descartado do metabolismo). Existem citações de que os suínos em peso de abate podem excretar de 9 a 11% do nitrogênio consumido através das fezes e 42 a 48% através da urina. Esse nitrogênio urinário encontra-se predominantemente na forma de ureia (mais de 95%), o qual é rapidamente transformada em amônia e volatilizada, enquanto o nitrogênio nas fezes é mais resistente a degradação (Jongbloed & Lenis, 1992).

Canh et al. (1998), observaram uma redução de 45% na eliminação de nitrogênio urinário quando o teor de proteína da ração baixou de 16,5% para 12,5%. Para estes autores, cerca de 60 a 80% do nitrogênio total excretado é eliminado por esta via.

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 (Canh et al., 1998).

O menor pH intestinal é particularmente importante para os animais nas fases iniciais de criação, fase em que em virtude da imaturidade do trato digestório há menor quantidade de secreções digestivas o que leva a uma menor digestão das proteínas e maior desenvolvimento de microrganismos indesejáveis (Noblet et al., 1987).

Le Bellego & Noblet (2002) avaliaram a influência do teor de proteína bruta no desempenho e balanço de nitrogênio para leitões dos 12 aos 27 kg de peso corporal. As rações continham 22,4; 20,4; 18,4 e 16,9% de proteína bruta e continham lisina, treonina, triptofano, metionina, valina e isoleucina. 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.

### 1.1.7. Efeito do teor de proteína da ração nos metabólitos do sangue e urina

Os exames bioquímicos realizados com amostra de plasma e soro sanguíneo são importantes ferramentas para auxiliar o diagnóstico de diversas enfermidades que acometem os animais (Kaneko et al., 1997). Os parâmetros de bioquímica clínica funcionam como indicadores nos processos adaptativos do organismo, no metabolismo energético, proteico e mineral, além de oferecer indicativos na interpretação do funcionamento hepático, ósseo, muscular, cardíaco, do sistema nervoso central e do trato gastrointestinal (González & Silva, 2006).

A composição bioquímica do plasma sanguíneo reflete de modo fiel a situação metabólica dos tecidos animais, podendo avaliar as lesões teciduais, transtorno no funcionamento de órgãos, adaptação do animal diante dos desafios nutricionais e fisiológicos e de desequilíbrios metabólicos específicos de origem nutricional (González & Scheffer, 2002).

O sangue age como um mediador das interações metabólicas entre todos os tecidos. Ele é responsável pelo transporte de vários nutrientes do organismo, ajuda na regulação da temperatura corpórea e na proteção do corpo. A porção líquida é constituída pelo plasma sanguíneo, que é composto por 90% de água e 10% de solutos. Uma grande variedade de proteínas, lipoproteínas, nutrientes, metabólitos, produtos de excreção, íons inorgânicos e hormônios estão dissolvidos ou em suspensão no plasma. Mais de 70% dos sólidos do plasma são proteínas plasmáticas, principalmente imunoglobulinas, albumina sérica, transferrina e proteínas da coagulação sanguínea, como fibrinogênio e protrombina (Nelson & Cox, 2011).

Diferentemente dos carboidratos e lipídeos, o excesso de aminoácidos não podem ser armazenados nos tecidos, sendo catabolizado e transformado em amônia que, pela sua toxicidade, é convertida em glutamina, liberada na corrente sanguínea e conduzida ao fígado para ser convertida em ureia (Wright, 1995). Os níveis de ureia são analisados em relação ao nível de proteína da dieta e ao funcionamento renal. A ureia é excretada principalmente pela urina e, em menor grau pelo intestino (González & Silva, 2006), representa em torno de 95% do nitrogênio total da urina (Canh et al., 1998).

As mudanças nas concentrações da ureia no sangue podem ocorrer por causa da dieta do animal, às alterações no fígado e nas funções renais, e à mudança na taxa do catabolismo das proteínas (González & Scheffer, 2002).

O aumento dos níveis da ureia sanguínea pode ocorrer por uma obstrução urinária, na desidratação, problemas renais ou cardíacos e em dietas ricas em proteínas. A diminuição ocorre no caso de uma insuficiência hepática, na síndrome da má absorção, na sobredratação e em dietas com níveis baixos de proteína e com alto teor glicídico (González & Scheffer, 2002). Assim, o conteúdo de ureia sanguínea 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 ureia no sangue (Gómez et al., 2002; Kerr et al., 2003).

Suínos consumindo rações com baixa quantidade de proteína com adição de aminoácidos sintéticos perdem menos energia na urina em razão da menor síntese e excreção de ureia urinária. 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). Rademacher (1997) comenta que esse tipo de ração parece depositar mais gordura nas carcaças. A razão para esse fato reside, provavelmente, no elevado conteúdo de energia líquida nas dietas com baixa proteína bruta e suplementadas com aminoácidos, porque parte da energia que seria utilizada na desaminação de aminoácidos é depositada na forma de gordura.

A creatinina é um composto nitrogenado não proteico. Sua origem tem início com a formação da creatina, que é um composto aminoacídico presente principalmente no tecido muscular. A creatina é sintetizada endogenamente mediante a glicina e arginina, agindo como uma fonte de energia rápida através da produção de ATP na ausência de oxigênio, que ao ser liberada pelo fígado é captada principalmente pelo tecido muscular. Após ser fosforilada pela enzima creatina quinase a creatina é estocada na forma de fosfocreatina. A fosfocreatina é uma importante reserva de energia no músculo e impede o esgotamento de ATP celular. A degradação da fosfocreatina gera creatinina, sendo excretada pelos rins (Murray et al., 2003).

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) e sua degradação para creatinina ocorre de maneira constante, ao redor de 2% do total da creatina diariamente, sendo depende da massa muscular (González & Scheffer, 2002).

A creatinina sendo um dos produtos do metabolismo nitrogenado deve ser removida do corpo continuamente através dos rins (somente) uma vez que ela não é

reabsorvida e nem reaproveitada pelo organismo. Por isso níveis altos de creatinina indicam uma deficiência na funcionalidade renal e valores baixos de creatinina podem ser explicados pela baixa ingestão de proteínas pelo animal (González & Scheffer, 2002).

As proteínas plasmáticas são sintetizadas pelo fígado, e desempenham uma grande variedade de papéis, como o transporte de moléculas, manutenção da pressão osmótica e coagulação (Coles, 1984). Podem ser aumentadas na desidratação, na perda de fluidos corporais, nas infecções, nos tumores, no choque, em animais mais velhos e na presença de hemólise na amostra a ser utilizada (González & Scheffer, 2002).

A albumina é a proteína mais abundante no plasma, perfazendo cerca de 35 a 50% do total de proteínas. É sintetizada no fígado e tem diversas funções como: transporte de moléculas hidrofóbicas como os ácidos graxos; manutenção da pressão osmótica sanguínea e reserva proteica. Pode ser aumentada na desidratação e na perda excessiva de fluidos. Baixas concentrações de albumina no soro refletem insuficiência hepática ou deficiência no fornecimento de aminoácidos na dieta (González & Scheffer, 2002).

As globulinas plasmáticas podem ser separadas por eletroforese em várias classes: alfa globulinas, beta globulinas e gama globulinas. Cada fração, especialmente a gama, contém imunoglobulinas ou anticorpos circulantes que protegem os animais contra as infecções. As frações alfa e gama globulinas se apresentam com níveis aumentados em todos os processos inflamatórios, infecciosos e imunes. O aumento na taxa da beta globulina representa perturbação do metabolismo dos lipídeos ou dificuldade na excreção biliar, podendo ser encontrado, geralmente, nos casos de anemia ferropriva, por aumento da síntese de transferrina. Nos suínos as frações beta e gama dificilmente se separam, formando uma fração única (beta+gama), sendo analisadas desta forma (Kaneko, 1997).

Resultados de estudos divulgados na literatura indicam que as condições de processamento do soro ou plasma sanguíneo, podem ser responsáveis por variações na quantidade dos metabólitos e isso pode dificultar a interpretação dos resultados (Doretto, 1996). Considerando que existem poucos estudos realizados com suínos e também que o sangue dessa espécie é muito susceptível à hemólise, seria importante avaliar os efeitos de condições de processamento na concentração de metabólitos no soro ou plasma desses animais.

## Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA PRODUTORA E EXPORTADORA DE CARNE SUÍNA – ABIPECS [2011]. **Relatório Anual da Abipecs**. Disponível em: <[http://www.abipecs.org.br/uploads/relatorios/relatorios-associados/ABIPECS\\_relatorio\\_2011\\_pt.pdf](http://www.abipecs.org.br/uploads/relatorios/relatorios-associados/ABIPECS_relatorio_2011_pt.pdf)> Acesso em: 22 jul. 2012.
- BATTERHAM, E.S. Protein and energy relationships for growing pigs. In: COLE, D. J. A.; WISEMAN, J.; VARLEY, M. A. **Principles of pig science**. Nottingham University Press, 1994. p.107-121.
- BERTECHINI, A.G. **Nutrição de monogástricos**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2003. 341p.
- BOISEN, S. Ideal dietary amino acid profiles for pigs. In: D’MELLO, J.P.F. (Ed.). **Amino acids in farm animal nutrition**. CAB International, p.1-14, 2003.
- BROWN, J.A.; CLINE, T.R. Urea excretion in the pig: an indicator of protein quality and amino acid requirements. **Journal Nutrición**, n.104, p.542-545, 1974.
- BÜNZEN, S.; SALGUERO, S.; ALBINO, L.F.T. et al. Recentes Avanços na Nutrição de Suínos. In: SIMPÓSIO BRASIL SUL DE SUINOCULTURA, 1., 2008, Chapecó. **Anais...** Chapecó: Simpósio Brasil Sul de Suinocultura, 2008. p.129.
- CAMERON, N. D.; McCULLOUGH, E.; TROUP, K. et al. 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, 2003.
- CANH, T.T.; CARNINK, A.J.A.; VERSTEGEN, M.W.A. et al. 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, 1998.
- COLE, D.J.A. VAN LUNEN, T.A. Ideal amino acid patterns. In: D’Mello, J.P.F. **Amino Acids in Farm Animal Nutrition**. Farhan Royal: CAB International, p.99-112, 1994.
- COLES, E.H. **Patologia Clínica Veterinária**. 3.ed. São Paulo: Manole, 1984. 566p.
- 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, 1995.
- D’MELLO, J.P.F. **Amino acids in farm animal nutrition**. 2.ed. Wallingford, CAB International. 2003. 513p.
- 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, 1998.
- DI CAMPOS, M.S.; SODRÉ, L.R.Q.A.; MACHADO, A.A. et al. Efeito da redução da proteína bruta da ração para suínos mantidos em termoneutralidade. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.28, n.1, p.7-11, 2008.
- DONZELE, J.L.; COSTA, P.M.A.; ROSTAGNO, H.S. et al. Níveis de proteína bruta para suínos de 5 a 15 kg de peso vivo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.21, n 6, p.1077-1083, 1992.
- DORRÉTO, J.S. **Influência do tempo e temperatura de estocagem sobre a estabilidade de alguns constituintes do soro sanguíneo de bovinos**. 1996. 49f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias/Universidade Estadual de São Paulo, Jaboticabal.
- FIALHO, E.T. **Alimentos alternativos para suínos**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2009. 232p.
- FULLER, M.F. Amino acid requirements for maintenance, body protein accretion and reproduction in pigs. In: D’Mello, J.P.F. (ed.) **Amino Acids in Farm Animal Nutrition**. Wallingford: CAB International, p.155-184, 1994.

- GÓMEZ, R.S.; LEWIS, A.J.; MILLER, P.S. et al. 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, 2002.
- GONZÁLEZ, F.H.D.; SCHEFFER, J.F.S. Perfil sanguíneo: ferramenta de análise clínica, metabólica e nutricional. In: CONGRESSO NACIONAL DE MEDICINA VETERINÁRIA, 29, 2002, Gramado. **Anais...** Gramado: Congresso Nacional de Medicina Veterinária, 2002. p.5-17.
- GONZÁLEZ, F.H.D.; SILVA, S.C. **Introdução à bioquímica clínica veterinária**. 2.ed. Porto Alegre: Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2006. 358p.
- HANSEN, J.A. NELSSSEN, J.L.; GOODBAND, R.D. et al Amino acid supplementation of low protein sorghum-soybean meal diets for 5 to 20 kilogram swine. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.71, p.1853-1862, 1993.
- JONGBLOED, A.M.; LENIS, N.P. Alteration of nutrition as a means to reduce environmental pollution by pigs. **Livestock Production Science**, v.31, p.75-94, 1992.
- KANEKO, J.J.; HARVEY, J.W.; BRUSS, M.L. **Clinical biochemistry of domestic animals**. 5.ed. San Diego: Academic Press, 1997. 932p.
- KANSAS SWINE NUTRITION GUIDE. **Cooperative Extension Service**. Kansas: Kansas State University, 1994.
- 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, 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, 1995.
- KERR, B.J.; YEN, J.T.; NIENABER, J.A. et al. 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, 2003.
- 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, p.45-58, 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, 2001.
- LEWIS, A. Amino acids in swine nutrition. In: **Swine Nutrition**. Butterworth-Henemann, 1991, 121p.
- MOURA, A.M.A. Conceito da proteína ideal aplicada na nutrição de aves e suínos. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.1, n.1, p.31-34, 2004.
- MURRAY, R.K.; GRANNER, D.K.; MAYES, P. A.; RODWELL, V.W. **Harper's Illustrated Biochemistry**, 26ª ed. 2003. São Paulo, Ed. Atheneu, 783p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of swine** . 9.ed. Washington: National Academy Press, 1988.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of swine**. 10.ed. Washington: National Academy Press, 1998. 189p.
- NELSON, D.L.; COX, M.M. **Lehninger princípios de bioquímica**. 5.ed. Porto Alegre: Artmed - Sarvier, 2011. 1274p.

- 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, 1987.
- NUNES, J.I. **Nutrição animal básica**. 2.ed. Belo Horizonte: FEP-MVZ, 1998. 387p.
- OLIVEIRA, G.C.; MOREIRA, I.; FURLAN, A.C. et al. Efeito das Dietas de Baixo Teor de Proteína Bruta, Suplementadas com Aminoácidos, para Leitões Machos Castrados (15 a 30 kg). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.1747-1757, 2004.
- OLIVEIRA, V.; FIALHO, E.T.; LIMA, J.A.F. et al. Características de carcaça e peso de vísceras em suínos alimentados com rações contendo baixos teores de proteína bruta. **Ciência Rural**, v.36, n.6, p.1890-1895, 2006.
- PAIANO, D.; MOREIRA, I.; SILVESTRIN, N. et al. Relações treonina:lisina digestíveis para suínos na fase inicial, alimentados com rações de baixa proteína, calculadas de acordo com o conceito de energia líquida. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.61, n.1, p.211-218, 2009.
- PEINIAU, J.; AUMAITR, A.; LEBRETON, Y. Effects of dietary protein sources differing of nitrogen and pancreatic enzymes activity in early weaned pigs. **Livestock Production Science**, v.45, p.197-208, 1996.
- 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: EMBRAPA - CNPSA, 2003. (EMBRAPA-CNPSA. Comunicado Técnico, 332).
- RADEMACHER, M. Manejo nutricional de suínos na fase de crescimento - terminação: Conceitos básicos e novas ideias. In: ENCONTRO DE NUTRIÇÃO ANIMAL, 4., 1997, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Degussa Feed Additives, 1997. p.1-11.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa. 2000. 141p.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2.ed.Viçosa: UFV, 2005. 186p.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3.ed.Viçosa: UFV, 2011. 252p.
- ROTH, F. X.; GOTTERBARM, G. G.; WINDISH, W. et al. 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, 1999.
- SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal: Funep, 2007. 283p.
- SANTIAGO, A.L.S.; CARVALHO, L.E.; BASTOS, F.J.S. et al. Efeitos de diferentes níveis de proteína bruta sobre o desempenho zootécnico e bioeconômico de leitões de 21 a 42 dias de idade. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.26, n.3, p.367-371, 2004.
- SGARBIERI, V.C. **Proteínas em alimentos protéicos: propriedades-degradações modificações**. São Paulo: Varela, 1996. 517p.
- SIBBALD, I.R.; SLINGER, S.J. A biological assay for metabolizable energy in poultry feed ingredients together with findings which demonstrate some of the problems associated with the evaluation of fats. **Poultry Science**, v.59, p.1275-1279, 1963.

- SUGIMOTO, N.; FURUYA, E. Studies on the length of preliminary and collection periods in digestion trials with pigs. **Proc. V World conference on animal nutrition**, v.2, p.411-412, 1983.
- SUIDA, D. Interação da nutrição protéica com fatores econômicos, desempenho, meio ambiente e sanidade de suínos. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE AVES E SUÍNOS Em TECNOLOGIA DA PRODUÇÃO DE RAÇÕES, 2001, Campinas. **Anais...** Campinas: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, 2001. p.263-284.
- SWENSON, M.J.; REECE, W.O. **Dukes – Fisiologia dos animais domésticos**. 11.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A., 1996. 856p.
- TRINDADE NETO, M.A.; LIMA, J.A.F.; BERTECHINI, A.G. et al. Dietas e níveis protéicos para leitões desmamados aos 28 dias de idade – fase inicial. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.23, n.1, p.92-99, 1994.
- VIDAL, T.Z.B.; FONTES, D.O.; SILVA, F.C.O. et al. Efeito da redução da proteína bruta e da suplementação de aminoácidos para suínos machos castrados, dos 70 aos 100kg. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.62, n.4, p.914-920, 2010.
- 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**, v.62, p.77-89, 1989.
- WRIGHT, P.A. Nitrogen excretion: Three end products, many physiological roles. **The Journal of Experimental Biology**, Cambridge, v.128. n.2, 273-281, 1995.
- ZANGERONIMO, M.G.; FIALHO E.T.; LIMA, J.A. et al. Redução do nível de proteína bruta da ração com suplementação de aminoácidos sintéticos para leitões na fase inicial. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.3, p.849-856, 2006.

## II - OBJETIVOS GERAIS

O objetivo do presente trabalho foi avaliar os efeitos da redução do nível de proteína bruta da dieta, com suplementação de aminoácidos sintéticos, sobre o desempenho de leitões dos 6 aos 30 kg de peso vivo.

### Objetivos específicos

1- Verificar quais os níveis máximos de redução da proteína bruta com a suplementação de aminoácidos nas rações de leitões de 6 a 30 kg, que propicie o melhor desempenho;

2- Determinar, por meio de balanço de nitrogênio, as suplementações que minimizem a excreção de nitrogênio.

### III – Redução dos níveis de proteína bruta em rações suplementadas com aminoácidos essenciais para leitões de 6 a 15 kg

**RESUMO:** Dois experimentos foram conduzidos para avaliar a redução da proteína bruta (PB) com a suplementação de aminoácidos nas rações de leitões de 6 a 15 kg. No experimento de desempenho (Exp. I) foram utilizados 120 leitões, desmamados aos 21 dias de idade, com peso vivo inicial de  $5,95 \pm 0,33$  kg e final  $16,17 \pm 1,52$  kg, distribuídos em um delineamento de blocos casualizados com cinco tratamentos, oito repetições, e três animais por unidade experimental. Os tratamentos consistiram em cinco rações onde o teor de PB foi reduzido em 1,5 pontos percentuais (21,0%, 19,5%; 18,0%; 16,5% e 15,0%), sendo atendidas as exigências dos aminoácidos com adição de L-lisina, DL-metionina, L-treonina, L-triptofano, L-valina e L-isoleucina. Não foram observadas diferenças para as variáveis de desempenho com a redução dos níveis de PB nas rações, verificando assim, que os níveis estudados podem ser utilizados nas rações de leitões, desde que haja suplementação com aminoácidos sintéticos. A relação AAE: AANE aumentou com a redução dos níveis proteicos, onde a melhor relação foi de 53:47 para o nível de 15% de PB. O teor de ureia reduziu linearmente com a redução dos níveis proteicos. No balanço de nitrogênio (N) (Exp. II) foram utilizados 20 leitões, machos castrados, (desmamados aos 21 dias de idade). Foram realizadas duas repetições no tempo e a média de peso vivo dos leitões foi de  $10,79 \pm 2,19$  kg. Os leitões foram alojados em gaiolas de metabolismo e distribuídos em um delineamento de blocos ao acaso, totalizando cinco tratamentos e quatro repetições, sendo a unidade experimental constituída por um leitão. Houve redução linear na excreção de N e concentração de ureia no sangue e na urina com a redução dos níveis de PB, o que contribui com uma menor excreção de N no meio ambiente.

**Palavras-chave:** nitrogênio, proteína bruta, proteína ideal, suíno, ureia

### III – Reduced levels of crude protein in diets supplemented with essential amino acids for piglets with 6 to 15 kg

**ABSTRACT:** Two experiments were carried out to evaluate the reduction on crude protein (CP) with amino acids supplementation on piglets diets of 6 to 15 kg. In the performance assay (Exp I) 120 piglets were used, weaned at 21 days old, with initial weight of  $5.95 \pm 0.33$  kg and final weight of  $16.17 \pm 1.52$  kg, distributed in a randomized block design with five treatments and eight replicates of three animals per experimental unit. The treatments consisted of five diets where the CP was reduced by 1.5% (21.0, 19.5, 18.0, 16.5 and 15.0 percentage points), meeting the requirements of amino acids with addition of L-lysine, DL-methionine, L-threonine, L-tryptophan, L-valine and L-isoleucine. No differences were observed for performance variables with reduced CP levels in diets, ensuring that the studied levels can be used in piglets diets, since there is synthetic amino acids supplementation. The EAA: NEAA ratio increased with the reduction of protein levels, where the best ratio was 53:47 for the level of 15% CP. The urea content decreased linearly with the reduction of protein levels. In the nitrogen (N) balance (Exp II) were used 20 barrow piglets (weaned at 21 days). There were two replications in time, where the average weight of piglets was  $10.79 \pm 2.19$  kg. The piglets were housed in metabolism cages, distributed in a completely randomized design, with a total of five treatments, four replicates and the experimental unit consisted of a piglet. There was a decrease in N excretion and urea concentration in blood and urine with reduced levels of CP, which contributes to a lower N excretion to the environment.

**Keywords:** crude protein, ideal protein, nitrogen, pig, urea

## Introdução

Um dos grandes problemas enfrentados na suinocultura nos últimos anos tem sido a excreção dos elementos poluentes produzidos pelos suínos. A fim de diminuir esse efeito, os pesquisadores passaram a formular rações com base no conceito de proteína ideal.

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 na formulação. Embora alguns pesquisadores afirmem que existem certos limites para a inclusão destes aminoácidos sintéticos na ração, a sua utilização é amplamente recomendada. Cole & Van Lunen (1994) sugeriram que, ao fornecer uma ração formulada com base no conceito de proteína ideal, seria necessário fornecer uma mistura perfeitamente balanceada de aminoácidos essenciais (AAE) com nitrogênio suficiente para a síntese de aminoácidos não essenciais (AANE). No entanto, apesar dos AANE constituírem uma parte quantitativamente importante do consumo de proteína (Heger, 2003), pouca atenção tem sido dada a determinação de suas exigências e relação ideal entre AAE e AANE para suínos (AAE: AANE).

A proposta de utilizar aminoácidos sintéticos visa um aumento na eficiência de utilização da proteína, objetivando o máximo uso dos aminoácidos para a síntese proteica e o mínimo como fonte de energia, auxiliando também na redução dos efeitos negativos do excesso de nitrogênio excretado, que contribui para o aumento da poluição ambiental.

Dietas com elevado teor de proteína bruta, ou com proporção desbalanceada de aminoácidos, aumentam o consumo de água e o volume dos dejetos produzidos pela maior excreção de nitrogênio (Perdomo & Lima, 1998). Teoricamente, as perdas de nitrogênio por causa do desequilíbrio de aminoácidos podem ser reduzidas ou corrigidas pela adição de aminoácidos sintéticos nas rações. 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, 2003).

Os objetivos deste trabalho foram avaliar o desempenho, balanço de nitrogênio e as concentrações de proteínas e metabólitos sanguíneos e urinários de leitões de 6 a 15 kg alimentados com rações de baixo nível proteico com suplementação de aminoácidos sintéticos.

## Material e Métodos

Os experimentos foram realizados no Setor de Suinocultura da Fazenda Experimental de Iguatemi (FEI), pertencente ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual de Maringá (CCA/UEM), localizada no Estado do Paraná.

O experimento I consistiu em verificar o desempenho de leitões dos 6 aos 15 kg de peso vivo e o experimento II um ensaio para a determinação do balanço de nitrogênio. As rações utilizadas foram as mesmas para os dois experimentos (Tabela 1).

As rações foram formuladas à base de milho, farelo de soja, leite em pó desnatado, soro de leite em pó, açúcar, óleo de soja, fosfato bicálcico, calcário, sal iodado, bicarbonato de sódio, suplemento mineral + vitamínico, antioxidante, leucomag<sup>®</sup> e aminoácidos sintéticos. O bicarbonato de sódio foi utilizado para manter as rações com o mesmo balanço eletrolítico.

Os tratamentos consistiram em cinco rações, onde o teor de proteína bruta foi reduzido em 1,5 pontos percentuais, resultando em rações de baixa proteína (21,0%, 19,5%; 18,0%; 16,5% e 15,0%), calculadas de modo a serem isoenergéticas. As rações foram formuladas de acordo com as recomendações de Rostagno et al. (2005) com base no conceito de proteína ideal e aplicando os coeficientes de digestibilidade verdadeira para estimar os valores de aminoácidos digestíveis.

A composição aminoacídica do milho, do farelo de soja, do leite em pó desnatado e do soro de leite utilizados na formulação das rações foram obtidas por meio de cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC), pela Ajinomoto do Brasil, e foram aplicados os coeficientes de digestibilidade verdadeira dos aminoácidos desses ingredientes obtidos por Rostagno et al. (2005).

Os aminoácidos sintéticos utilizados foram a L-lisina, DL-metionina, L-treonina, L-triptofano, L-valina e L-isoleucina, onde os níveis destes aminoácidos alcançaram ou excederam ligeiramente as recomendações sugeridas por Rostagno et al. (2005).

Tabela 1- Composição centesimal e nutricional das rações contendo diferentes níveis de proteína bruta para leitões de 6 a 15 kg

Ingredientes	Níveis de proteína bruta, %				
	21,00	19,50	18,00	16,50	15,00
Milho	42,800	47,311	51,998	56,743	61,441
Farelo soja, 45%	27,590	22,836	17,851	12,790	7,718
Leite em pó desnatado	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000
Soro de leite em pó	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000
Açúcar	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
Óleo de Soja	1,391	1,218	0,982	0,722	0,450
Fosfato Bicálcico	1,170	1,197	1,225	1,254	1,283
Calcário	0,624	0,645	0,667	0,689	0,711
Supl. vit. + min. <sup>1</sup>	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
Sal Comum	0,552	0,395	0,239	0,082	-
Bicarbonato de sódio	-	0,23	0,46	0,69	0,92
L-Lisina HCL	0,102	0,242	0,388	0,537	0,685
DL-Metionina	0,161	0,200	0,242	0,284	0,326
L-Treonina	0,089	0,155	0,224	0,294	0,364
L-Valina	-	0,052	0,131	0,212	0,292
L-Triptofano	-	-	0,026	0,053	0,080
L-Isoleucina	-	-	0,049	0,132	0,214
Antioxidante – BHT	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Leucomag <sup>®2</sup>	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Total	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000
Composição nutricional calculada					
BE (mEq/kg)	232,900	232,730	231,28	229,420	227,79
EM (Mcal/kg)	3,325	3,325	3,325	3,325	3,325
Lactose (%)	13,110	13,110	13,110	13,110	13,110
Proteína bruta (%)	21,000	19,500	18,000	16,500	15,000
Lisina digestível (%)	1,330	1,330	1,330	1,330	1,330
Metionina digestível (%)	0,497	0,517	0,538	0,559	0,580
Treonina digestível (%)	0,838	0,838	0,838	0,838	0,838
Triptofano digestível (%)	0,250	0,226	0,226	0,226	0,226
Valina digestível (%)	0,940	0,918	0,918	0,918	0,918
Isoleucina digestível (%)	0,838	0,763	0,732	0,732	0,732
Arginina digestível (%)	1,191	1,055	0,911	0,764	0,617
Leucina digestível (%)	1,724	1,614	1,499	1,382	1,265
Fenilalanina digestível (%)	0,953	0,870	0,782	0,693	0,604
Histidina digestível (%)	0,515	0,475	0,433	0,391	0,349
Cálcio (%)	0,825	0,825	0,825	0,825	0,825
Sódio (%)	0,350	0,350	0,350	0,350	0,379
Cloro (%)	0,612	0,546	0,481	0,416	0,396
Potássio (%)	0,991	0,917	0,840	0,761	0,682
Fósforo disponível (%)	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450
Relação AAE: AANE <sup>3</sup>	42:58	48:52	49:51	51:49	53:47

<sup>1</sup>Suplemento vitamínico-mineral e aminoácido para leitões na fase de creche, composição por kg do produto: Vit A, 1.800.000 UI; Vit D3, 360.000 UI; Vit E, 4.000 UI; Vit K3, 600mg; Vit B1, 280mg; Vit B2, 800mg; Vit B6, 300mg; Vit B12, 3.600mcg; Niacina, 6.000mg; Ac. Pantotênico, 3.200mg; Biotina, 20mg; Ac. Fólico, 80mg; Colina, 31g; Ferro, 20.000mg; Cobre, 50.000mg; Cobalto, 120mg; Manganês, 11.000mg; Zinco, 18.000mg; Selênio, 60mg; Iodo, 200mg; Lisina, 140g; Antioxidante, 20g; veículo q.s.p., 1.000 g; <sup>2</sup> Leucomag;

leucomicina a 30%; BE – balanço eletrolítico; EM – energia metabolizável. <sup>3</sup> Relação AAE: AANE – Relação aminoácido essencial: aminoácido não essencial.

Após a formulação, verificou-se o fornecimento dos AAE em aminoácidos totais. Foram considerados como AAE: lisina, metionina, treonina, triptofano, valina, isoleucina, arginina, leucina, fenilalanina e histidina. A metodologia empregada para calcular a relação de AAE: AANE consiste em somar a quantidade dos AAE totais, seguido de calcular o total de AA da dieta (AAT) em relação com o nível de proteína bruta da ração e, finalmente, a quantidade de AANE é determinada pela diferença entre AAT e AAE conforme Goulart et al. (2010).

### **Experimento I – Desempenho**

O experimento foi realizado no período de 30 de março a 30 de julho de 2010. As temperaturas mínima e máxima médias, registradas no período experimental, foram de  $14,55 \pm 2,40^{\circ}\text{C}$  e  $24,80 \pm 2,11^{\circ}\text{C}$ , respectivamente. As umidades relativas do ar médias do período experimental, pela manhã e pela tarde, foram de  $82,55 \pm 4,44\%$  e  $62,33 \pm 6,75\%$ , respectivamente.

Foram utilizados 120 leitões mestiços e de linhagem comercial, sendo 60 machos e 60 fêmeas, desmamados aos 21 dias de idade, com peso médio inicial de  $5,95 \pm 0,33$  kg e final de  $16,17 \pm 1,52$  kg. Os leitões foram alojados em galpão de creche em alvenaria, com piso suspenso, coberto com telhas de fibrocimento, dispostas em quatro salas, cada uma possuindo dez baias e divididas por um corredor central. As baias continham  $1,32 \text{ m}^2$ , com piso de cimento e comedouros na parte anterior e piso de plástico parcialmente ripado com um bebedouro tipo “chupeta” na parte posterior. As rações e a água foram fornecidas à vontade durante todo o período experimental.

Os animais foram distribuídos em um delineamento de blocos casualizados com cinco tratamentos, oito repetições no tempo e três animais por unidade experimental (UE). Foram pesados no início e no final do experimento, bem como o consumo total de ração foi computado, obtendo-se o consumo diário de ração (CDR), ganho diário de peso (GDP) e a conversão alimentar (CA) de cada unidade experimental.

No final do período experimental, foram colhidas amostras de sangue, em tubos com heparina (Cai et al., 1994), via veia cava cranial para análise de ureia, creatinina e proteínas totais.

As amostras sanguíneas foram centrifugadas (3.000 rpm por 15 minutos) para obtenção do plasma. Em seguida o plasma foi transferido para tubos do tipo “ependorf”, devidamente identificados e armazenados em freezer (-18°C) para posteriores análises no Laboratório de Suinocultura da Fazenda Experimental de Iguatemi. Para essas análises utilizaram kits de diagnóstico "*in vitro*" da Gold Analisa.

Os resultados para as variáveis de desempenho e variáveis sanguíneas foram submetidos à análise de variância, por meio do Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas – SAEG (UFV, 2000), adotando o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ij} = \mu + B_i + b_1PB_i + b_2PB_i^2 + FA + e_{ij}$$

Em que:

$Y_{ij}$  = variável dependente,

$\mu$  = constante geral;

$B_i$  = efeito do bloco, sendo  $i = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$  e  $8$ ;

$b_1$  = coeficiente de regressão linear em função do nível de proteína bruta;

$PB_i$  = nível de proteína bruta, sendo  $T_1 = 21$ ;  $T_2 = 19,5$ ;  $T_3 = 18$ ;  $T_4 = 16,5$  e  $T_5 = 15\%$ ;

$b_2$  = coeficiente de regressão quadrático em função do nível de proteína bruta;

FA = falta de ajustamento do modelo de regressão;

$e_{ij}$  = erro experimental associado às observações.

O peso inicial dos leitões foi utilizado como covariável para as variáveis de consumo diário de ração, ganho diário de peso e conversão alimentar.

## **Experimento II: Balanço de nitrogênio**

O Experimento II consistiu de um ensaio para avaliar o balanço de nitrogênio realizado no período de quatro a 30 de outubro de 2010. Foram utilizados 20 leitões mestiços de linhagem comercial, machos, castrados, desmamados aos 21 dias de idade. Foram realizadas duas repetições no tempo onde a média de peso vivo dos leitões correspondeu a  $10,79 \pm 2,19$  kg.

Os animais foram alojados em gaiolas de metabolismo semelhantes às descritas por Pekas (1968), em sala com ambiente parcialmente controlado. As temperaturas mínimas e máximas médias, registradas no período experimental dentro das instalações foram de  $23,40 \pm 0,56^{\circ}\text{C}$  e  $26,45 \pm 0,17^{\circ}\text{C}$ , respectivamente.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com cinco tratamentos e quatro repetições, sendo a unidade experimental constituída por um leitão. As coletas de fezes e urina foram realizadas conforme descrito por Sakomura & Rostagno (2007).

Os leitões receberam quatro refeições diárias, fornecidas às 7h30, 10h00, 13h30 e 16h30, nas proporções de 38; 19; 19 e 24% da quantidade total, respectivamente, de acordo com Moreira et al. (2001). A quantidade total diária foi estabelecida de acordo com o consumo na fase de adaptação, baseado no peso metabólico ( $\text{kg}^{0,75}$ ). Para evitar o desperdício e facilitar o manejo, as rações foram umedecidas com 20% de água, e após cada refeição foi fornecida água no comedouros, na proporção de 3 mL/g de ração, calculada para cada unidade experimental com o intuito de evitar o excesso de consumo de água e comprometer o consumo de ração pelos animais.

Foram utilizados os métodos de coleta total de fezes, com a adição de 2% de óxido férrico ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) às rações como marcador do início e fim da coleta de fezes. As fezes totais produzidas foram coletadas uma vez ao dia, em sacos plásticos, e armazenadas em congelador a  $-18^{\circ}\text{C}$ . Posteriormente, foram homogeneizadas e uma amostra de 20% foi retirada, seca em estufa de ventilação forçada ( $55^{\circ}\text{C}$ ) e moída para análises do teor de nitrogênio.

A urina foi coletada diariamente em baldes plásticos contendo 20 mL de HCl 1:1. Uma alíquota de 20% foi acumulada diariamente e congelada a  $-18^{\circ}\text{C}$ , posteriormente foram homogeneizadas e retiradas amostras para determinação de nitrogênio, ureia e creatinina. Para a análise de nitrogênio utilizou-se o método de Kjeldahl e para os teores de ureia e creatinina utilizaram kits de diagnóstico "in vitro" da Gold Analisa.

Foram colhidas amostras de sangue no final do experimento, via veia cava cranial, para a determinação da ureia, creatinina, proteínas totais, albumina e globulina.

As amostras sanguíneas foram centrifugadas (3.000 rpm por 15 minutos) para obtenção do plasma. Em seguida o plasma foi transferido para tubos do tipo "ependorf",

devidamente identificados e armazenados em freezer (-18°C) para posteriores análises no Laboratório de Suinocultura da Fazenda Experimental de Iguatemi.

Para as análises dos metabólitos sanguíneos e urinários utilizaram kits de diagnóstico "in vitro" da Gold Analisa, exceto para a concentração de globulina que foi obtida por diferença após a determinação de proteínas totais e de albumina.

Os valores de nitrogênio consumido (NC), nitrogênio excretado nas fezes (NEF) e excretado na urina (NEU), foram obtidos pela multiplicação dos teores de nitrogênio pelas quantidades de ração consumida, de fezes e de urina excretadas, respectivamente. A partir destes valores foram calculados o nitrogênio retido ( $NR = NC - NEF - NEU$ ), a porcentagem de nitrogênio retido em relação ao nitrogênio consumido, é correspondente a utilização líquida de proteína ( $ULP = NR/NC \times 100$ ) e a porcentagem de nitrogênio retido em relação ao nitrogênio absorvido (NA), correspondente ao valor biológico da proteína dietética ( $VBPD = NR/NA \times 100$ ), conforme indicado por Adeola (2001). Para essas variáveis os cálculos foram baseados no peso metabólico ( $kg^{0,75}$ ).

As variáveis relacionadas com ao balanço de nitrogênio, assim como as variáveis sanguíneas e urinárias foram submetidos à análise de variância, por meio do Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas – SAEG (UFV, 2000), adotando o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ij} = \mu + B_i + b_1PB_i + b_2PB_i^2 + FA + e_{ij}$$

Em que:

$Y_{ij}$  = variável dependente,

$\mu$  = constante geral;

$B_i$  = efeito do bloco, sendo  $i = 1$  e  $2$ ;

$b_1$  = coeficiente de regressão linear em função do nível de proteína bruta;

$PB_i$  = nível de proteína bruta, sendo  $T_1 = 21$ ;  $T_2 = 19,5$ ;  $T_3 = 18$ ;  $T_4 = 16,5$  e  $T_5 = 15\%$ ;

$b_2$  = coeficiente de regressão quadrático em função do nível de proteína bruta;

FA = falta de ajustamento do modelo de regressão;

$e_{ij}$  = erro experimental associado às observações.

## Resultados e Discussão

### Experimento I: Desempenho

A redução da proteína bruta dietética, e conseqüentemente do farelo de soja, não causaram diferenças ( $P>0,05$ ) para as variáveis de desempenho para leitões dos 6 aos 15 kg de peso vivo (Tabela 2). Resultados semelhantes foram obtidos por Kerr et al. (1995; 2003). Da mesma forma, Zangeronimo et al. (2006), demonstraram que o ganho diário de peso e a conversão alimentar não foram influenciados pela redução da proteína bruta até o nível de 16,5%, em rações, suplementadas com lisina, metionina e treonina para leitões com peso inicial de 8,55 kg.

Tabela 2- Peso final (PF), consumo diário de ração (CDR), ganho diário de peso (GDP) e conversão alimentar (CA) de leitões de 6 a 15 kg alimentados com rações de baixo nível proteico suplementadas com aminoácidos essenciais

Variáveis	Níveis de proteína bruta, %					CV <sup>1</sup>	Efeito <sup>2</sup>
	21,0	19,5	18,0	16,5	15,0		
PF, kg	16,394	16,333	16,538	16,128	16,439	8,346	NS
CDR, kg	0,535	0,525	0,506	0,498	0,538	7,254	NS
GDP, kg	0,348	0,347	0,354	0,340	0,349	12,980	NS
CA	1,542	1,525	1,436	1,478	1,541	8,982	NS

<sup>1</sup>Coefficiente de variação; <sup>2</sup>Análise de regressão.

Ao avaliar o desempenho de leitões de 5 a 20 kg de peso vivo, alimentados com rações à base de milho, trigo e farelo de soja, Lordelo et al. (2008) verificaram que o ganho de peso daqueles que receberam dietas com teor reduzido de proteína bruta (17%), suplementadas com isoleucina, e/ou isoleucina+valina, foi semelhante ao do grupo controle (20%). Esses dados evidenciam a possibilidade da redução de proteína bruta das rações, desde que as mesmas sejam suplementadas com os aminoácidos limitantes.

Da mesma forma, Trindade Neto et al. (1994) relataram que o nível de 16% de proteína bruta parece ser satisfatório para leitões desmamados com 28 dias de idade, desde que as exigências nutricionais dos aminoácidos limitantes, como lisina e metionina, sejam atendidas.

Em uma revisão Suida (2001) demonstrou que aminoácidos como a isoleucina, valina e histidina passam também a ser limitantes para manter o perfil ideal dos aminoácidos quando a proteína da dieta é reduzida em três ou quatro pontos percentuais. No estudo de

Suida, foi necessário incluir nas rações com os níveis menores de proteína bruta os aminoácidos valina e isoleucina, o que contribuiu para que os animais mantivessem bom desempenho.

De acordo com Partridge et al. (1985) e Wu (1998), a inclusão dos aminoácidos sintéticos nas rações pode gerar competição entre os aminoácidos pelos sítios de absorção no intestino e pelos locais de síntese proteica, porque os aminoácidos sintéticos são absorvidos mais rapidamente que aqueles contidos nas proteínas dos alimentos. No entanto no presente trabalho tal efeito parece não ter expressado em relação às variáveis de desempenho estudadas.

Com relação à histidina, verificou-se um excesso nos níveis de 21,0% e 19,5% de proteína bruta, contudo, nos demais tratamentos a exigência não foi atendida, e mesmo assim não foram observados prejuízos no desempenho, mostrando que provavelmente a necessidade deste aminoácido foi atendida, demandando assim, mais estudos referentes à exigência de histidina para leitões.

Quanto ao tipo de dieta ideal para leitões na fase inicial, existem ainda muitas controvérsias na literatura. O nível de inclusão de farelo de soja na ração tem sido discutido, uma vez que este ingrediente possui fatores alergênicos e fatores antinutricionais responsáveis pela queda nos índices de desempenho dos leitões desmamados precocemente (Zangeronimo, 2006). Por esse motivo, tem-se estudado outras fontes proteicas na alimentação de leitões, bem como a inclusão de aminoácidos sintéticos.

Alguns alimentos utilizados nas rações de leitões na fase inicial podem contribuir para o fornecimento de proteína, como é o caso do leite em pó desnatado que foi utilizado neste experimento. Os aminoácidos do leite em pó desnatado possuem digestibilidade superior aos correspondentes no farelo de soja e no milho (NRC, 1998).

Trabalhos mais antigos, em que a utilização de aminoácidos sintéticos ainda não era bem difundida, mostraram que leitões de 5 a 15 kg de peso vivo, recebendo ração à base de milho, farelo de soja e leite em pó desnatado, nos níveis de 16 a 24% de proteína, exigem, em média 18,67% de proteína bruta (Donzele et al., 1992). No entanto, vale ressaltar que os autores não usaram aminoácidos sintéticos, o que contribuiu para que a exigência de proteína estimada fosse elevada.

Sendo assim, os níveis de proteínas estabelecidos devem ser vistos apenas como indicações práticas. Estes são valores mínimos para rações à base de milho e de farelo de

soja, quando disponibilizados os aminoácidos essenciais L-lisina, DL-metionina e L-treonina. Com a finalidade de reduzir o impacto do excesso de nutrientes nas rações de suínos sobre o meio ambiente, excelentes resultados, em testes experimentais, e em lotes comerciais, são obtidos com rações contendo níveis mais baixos de proteína, mantendo os níveis recomendados dos aminoácidos essenciais (Rostagno et al., 2011).

Houve aumento na relação AAE: AANE (Tabela 1) à medida que o nível de proteína bruta das rações foi reduzido. Heger (2003) mostrou que a deficiência de nitrogênio não específico para a síntese de AANE pode levar a uma situação em que os AAE sejam utilizados para este propósito, podendo, desta forma, levar a deficiência do próprio AAE, limitando a síntese proteica, e, conseqüentemente, o ganho de peso e eficiência alimentar, no entanto, como não houve diferença para as variáveis de desempenho, pode-se inferir que o balanceamento aminoacídico das rações foi adequado.

Para Heger (2003), várias conclusões podem ser extraídas de estudos destinados a estimar a melhor relação entre AAE: AAT em ratos, suínos e aves, onde a melhor relação para o crescimento ou para a deposição de proteína segundo o autor, não diferem substancialmente entre as espécies, sendo o valor médio de 55:45 a 60:40 para AAE: AANE. Neste trabalho o nível que apresentou melhor relação foi o de 15% de proteína bruta com um valor de 53: 47 para AAE: AANE.

Houve redução linear ( $P < 0,05$ ) nos níveis de ureia no plasma dos leitões dos 6 aos 15 kg de peso vivo com a redução da proteína bruta (Tabela 3). Esse efeito já era esperado e também pôde ser comprovado por outros autores (Figuroa et al., 2002; Kerr et al., 2003; Rizzo et al., 2006). A ureia é o produto final da excreção nitrogenada em mamíferos e há uma relação estreita entre a quantidade e a qualidade da proteína da ração e as concentrações de ureia no sangue (Canh et al., 1998).

Esta redução dos níveis de ureia plasmática é devido ao fato de que o excesso de aminoácido é catabolizado pelo processo de desaminação. Dessa forma, pode-se inferir que, se o animal ingere proteína em qualidade e quantidade adequadas às suas exigências, isso representa um melhor balanço de aminoácidos na dieta e, conseqüentemente, maior síntese de proteína, o que resultará em menor catabolismo de aminoácidos, provocando a redução do nível de ureia no sangue (Nelson & Cox, 2011).

Tabela 3- Níveis plasmáticos de ureia, creatinina e proteínas totais de leitões de 6 a 15 kg alimentados com rações de baixo nível proteico suplementadas com aminoácidos essenciais

Variáveis	Níveis de proteína bruta, %					CV <sup>1</sup>	Efeito <sup>2</sup>
	21,0	19,5	18,0	16,5	15,0		
Ureia, mg/dL	26,331	23,984	20,559	15,430	12,482	26,965	L
Creatinina, mg/dL	0,866	0,892	0,887	0,845	0,868	10,589	NS
Proteínas totais, g/dL	3,720	3,887	3,708	3,703	3,707	9,968	NS
Equação de Regressão						R <sup>2</sup>	
Ureia = - 24,0625 + 2,43492 PB						0,98	

<sup>1</sup> Coeficiente de variação; <sup>2</sup> Análise de regressão.

Para Kaneko (1997), valores entre 10 a 30 mg/dL de ureia e 1,0 a 2,7 mg/dL de creatinina, são considerados normais suínos. Sendo assim, os valores obtidos neste trabalho podem ser considerados normais dentro dos limites fisiológicos.

Não foram observadas diferenças ( $P > 0,05$ ) para os níveis de creatinina e proteínas totais. Como a creatinina não é reabsorvida e nem reaproveitada pelo organismo ela deve ser removida do corpo continuamente através dos rins e o consumo de nitrogênio parece exercer pouco efeito sobre sua concentração no sangue (Rizzo et al., 2006).

A concentração de proteínas totais no plasma é um parâmetro utilizado no controle da saúde e nutrição animal, sendo que a faixa de concentração considerada normal para animais em bom desenvolvimento situa-se entre 7,9 e 8,9 g/dL (Kaneko, 1997).

A redução nos níveis de proteínas totais pode ocorrer logo após o desmame, provavelmente em função do baixo consumo alimentar pelo leitão neste período, causando uma depleção em suas reservas proteicas, que é recuperado posteriormente quando o consumo de ração aumenta. Nesta fase, o leitão ainda está se adaptando à dieta sólida, fato este que pode explicar os baixos valores neste parâmetro.

## Experimento II: Balanço de nitrogênio

O nitrogênio consumido, nitrogênio absorvido e o nitrogênio excretado na urina determinados com base no peso metabólico ( $PV^{0,75}$ ), apresentaram redução linear ( $P < 0,05$ ) à medida que se reduziu os níveis de proteína bruta (Tabela 4). Shriver et al. (2003), ao reduzirem em quatro pontos percentuais a proteína bruta e utilizando os mesmos

aminoácidos que o presente trabalho, para suínos em crescimento, também verificaram que o consumo e a absorção de nitrogênio foram reduzidos. A partir desses resultados, supõe-se que a diferença na velocidade da taxa de absorção entre os aminoácidos sintéticos e os aminoácidos provenientes dos alimentos pode interferir na passagem destes nutrientes do trato gastrintestinal para o sangue.

Ferreira et al. (2006), também constataram diminuição gradativa no consumo de nitrogênio para esta fase com redução da proteína bruta até 14%, com melhora significativa para a eficiência de utilização do nitrogênio.

Zangeronimo et al. (2006), ao reduzirem o nível de proteína bruta até 16,5%, observaram que a excreção de nitrogênio pela urina também foi reduzida, mostrando assim, que a variação do nitrogênio urinário está relacionada com a quantidade de nitrogênio consumido, evidenciando que houve melhor aproveitamento dos aminoácidos dietéticos à medida que se reduziu a proteína bruta da ração.

Esta redução no nitrogênio urinário, também pode ser justificada pelo fato que a principal via de eliminação deste elemento em excesso no organismo é a urina, sendo assim, pode-se confirmar que com a diminuição dos níveis de proteína bruta da ração é possível que haja uma diminuição na poluição ambiental com os dejetos produzidos.

Zangeronimo et al. (2006) notaram que a excreção de nitrogênio pôde ser reduzida em até 9% com a redução de 21% para 16,5% dos níveis de proteína bruta da ração para leitões na fase inicial. Adicionalmente, Shriver et al. (2003) sugeriram que, para cada unidade percentual reduzida no teor de proteína bruta na dieta com suplementação de aminoácidos, a excreção de nitrogênio pode ser reduzida em até 10%. Neste trabalho, a excreção de nitrogênio pela urina pôde ser reduzida em aproximadamente 12%.

Tabela 4- Efeito da redução dos níveis de proteína bruta com suplementação de aminoácidos essenciais sobre o balanço de nitrogênio em leitões de 6 a 15 kg

Variável	Níveis de proteína bruta, %					CV <sup>1</sup>	Efeito <sup>2</sup>
	21,0	19,5	18,0	16,5	15,0		
Nitrogênio consumido (g/dia)	21,91	15,24	20,21	17,94	14,98	21,17	-
Nitrogênio consumido (g/kg PV <sup>0,75</sup> /dia)	3,58	2,95	3,25	2,80	2,53	7,48	Linear
Nitrogênio excretado fezes (g/dia)	2,46	2,10	2,27	2,09	2,23	21,91	-
Nitrogênio excretado fezes (g/kg PV <sup>0,75</sup> /dia)	0,40	0,41	0,36	0,34	0,38	17,52	NS
Nitrogênio excretado urina (g/dia)	3,95	1,99	2,24	2,32	1,14	33,35	-
Nitrogênio excretado urina (g/kg PV <sup>0,75</sup> /dia)	0,64	0,38	0,35	0,36	0,19	21,75	Linear
Nitrogênio absorvido (g/dia)	19,45	13,15	17,94	15,85	12,75	21,85	-
Nitrogênio absorvido (g/kg PV <sup>0,75</sup> /dia)	3,18	2,54	2,90	2,46	2,14	7,89	Linear
Nitrogênio total excretado (g/dia)	6,41	4,08	4,51	4,41	3,37	25,60	-
Nitrogênio total excretado (g/kg PV <sup>0,75</sup> /dia)	1,05	0,79	0,71	0,70	0,57	15,17	Linear
Nitrogênio retido (g/dia)	15,50	11,16	15,70	13,53	11,61	20,74	-
Nitrogênio retido (g/kg PV <sup>0,75</sup> /dia)	2,54	2,16	2,55	2,10	1,95	7,61	Linear
Nitrogênio retido/consumido(%) - ULP	70,83	73,27	78,44	75,01	77,29	4,12	Linear
Nitrogênio retido/absorvido(%) - VBPD	79,87	85,03	87,94	85,27	91,25	3,04	Linear
Equação de Regressão						R <sup>2</sup>	
Nitrogênio consumido (g/kg PV <sup>0,75</sup> /dia) = 0,306790 + 0,942604 N						0,76	
Nitrogênio excretado urina (g/kg PV <sup>0,75</sup> /dia) = - 0,719801 + 0,383643 N						0,80	
Nitrogênio absorvido (g/kg PV <sup>0,75</sup> /dia) = 0,0664506 + 0,895048 N						0,72	
Nitrogênio total excretado (g/kg PV <sup>0,75</sup> /dia) = - 0,479462 + 0,431198 N						0,87	
Nitrogênio retido (g/kg PV <sup>0,75</sup> /dia) = 0,786252 + 0,511406 N						0,52	
Nitrogênio retido/consumido(%) - ULP = 92,5520 - 6,10556 N						0,57	
Nitrogênio retido/absorvido(%) - VBPD = 113,471 - 9,58355 N						0,75	

<sup>1</sup>- Coeficiente de variação; <sup>2</sup>- Análise de regressão.

De acordo com a equação de regressão ajustada para nitrogênio excretado na urina ( $- 0,719801 + 0,383643 X$ ) para cada 1% de nitrogênio a mais na ração, houve aumento na excreção de nitrogênio pela urina de 0,3 g/dia, sendo assim, quanto maior for o nível de nitrogênio da ração, maior será a excreção de nitrogênio pela urina (Figura 1).

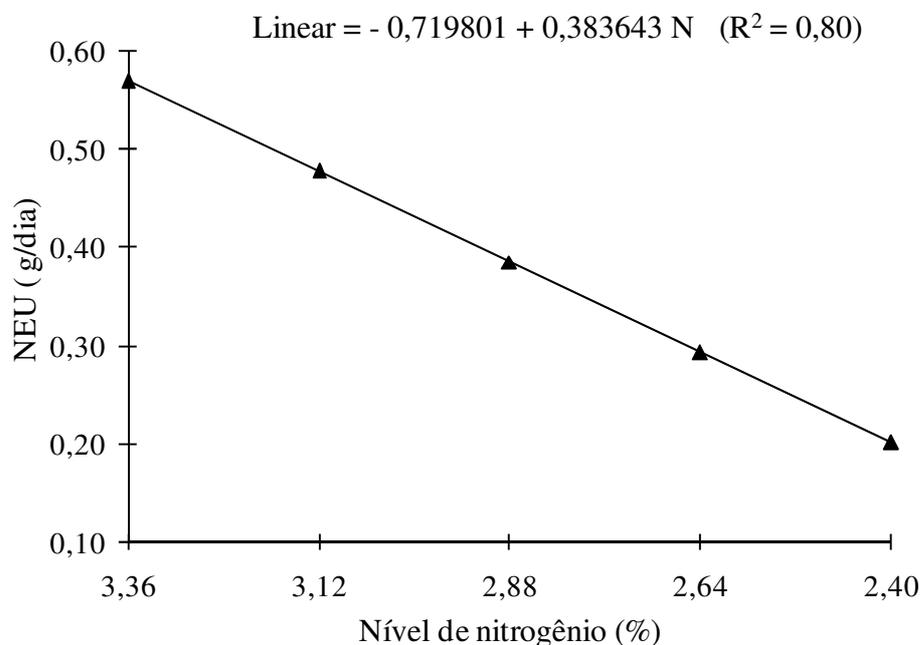


Figura 1- Excreção de nitrogênio pela urina de leitões de 6 a 15 kg em função dos níveis de proteína bruta

O teor de nitrogênio excretado nas fezes não foi alterado com as rações utilizadas ( $P > 0,05$ ). No entanto, Lordelo et al. (2008), obtiveram redução do nitrogênio fecal em leitões alimentados com rações de baixa proteína bruta na primeira e na quarta semana de alimentação, com exceção dos leitões que foram alimentados com rações suplementadas com valina e 17% de proteína bruta na quarta semana.

O nitrogênio total excretado decresceu ( $P < 0,05$ ) e houve aumento linear na utilização líquida de proteína e valor biológico da proteína dietética ( $P < 0,05$ ), podendo dessa forma inferir que houve melhor aproveitamento dos aminoácidos dietéticos à medida que o nível de proteína bruta foi reduzido até o nível de 15%.

A retenção do nitrogênio ( $\text{g/kg PV}^{0,75}/\text{dia}$ ) também reduziu de forma linear ( $P < 0,05$ ), ou seja, as rações com os maiores teores de proteína bruta se mostraram mais eficiente que as demais. Da mesma forma que para Oliveira et al. (2005), estes resultados não eram esperados, porque as rações foram formuladas usando o conceito de proteína ideal. É possível que outros fatores tenham limitado a retenção de nitrogênio. Heger et al. (1998) enfatizam que a maior retenção de nitrogênio observada em

experimentos de curta duração pode ocorrer simplesmente pelas respostas adaptativas ao consumo excessivo de nitrogênio não essencial.

Outra provável explicação para a redução da retenção de nitrogênio em dietas com baixa proteína bruta é que os valores de nitrogênio excretado nas fezes e excretado na urina podem ser superestimados nas rações com maior aporte proteico, e não são considerados nesses cálculos as frações de nitrogênio fecal metabólico e nitrogênio urinário endógeno.

A porcentagem de nitrogênio retido em relação ao nitrogênio consumido aumentou linearmente ( $P < 0,05$ ), mostrando maior eficiência de aproveitamento do nitrogênio com a redução dos níveis proteicos das rações. Este parâmetro é correspondente à utilização líquida da proteína (ULP) que variou de 70,83% a 78,44%. Esses valores indicam que o nitrogênio dietético foi bem utilizado pelos leitões, porque os valores de 100% indicam a total utilização do nitrogênio dietético como proteína para deposição de tecido corporal, e valor de zero, indica que nenhum nitrogênio fornecido na ração foi convertido em proteína. Kerr & Easter (1995), observaram valores de 57,50 a 68,28% para rações sem aminoácidos e com aminoácidos, respectivamente (12% de proteína bruta).

De acordo com Mitchell (1923), a utilização líquida da proteína sofre grande influência do nível de aminoácidos limitantes de uma dieta e pouca influência da mobilização de aminoácidos essenciais. Quando o consumo de nitrogênio é relativamente baixo, o catabolismo dos aminoácidos diminui, visando sua preservação (Yamashita & Ashida, 1969).

O valor biológico da proteína dietética (VBPD) é expresso como a porcentagem de nitrogênio absorvido que foi retido pelo organismo para reparo ou construção de tecido. Esse parâmetro representa a absoluta disponibilidade dos aminoácidos. As proteínas de alto valor biológico, ou proteínas completas, são aquelas que contêm todos os aminoácidos essenciais em quantidades e proporções ideais para atender às necessidades orgânicas. As proteínas que contêm maiores níveis de aminoácidos essenciais possuem melhor digestibilidade, tendo uma absorção no trato gastrointestinal mais eficiente. O valor biológico da proteína dietética obtida nesse experimento variou de 91,25% para o menor nível de proteína bruta (15%) a 79,87% para o maior nível (21%), mostrando assim que houve uma adequada disponibilidade dos aminoácidos nas rações experimentais.

Exceto para ureia, que reduziu linearmente, não foram observadas diferenças ( $P>0,05$ ) para os níveis de creatinina, proteínas totais e albumina (Tabela 5). A redução do nitrogênio das rações resultou em menor catabolismo de aminoácidos, provocando a redução do nível de ureia. Essa resposta era esperada e é semelhante a obtida por vários autores (Gómez et al., 2002; Kerr et al., 2003; Rizzo et al., 2006).

Tabela 5- Níveis plasmáticos de ureia, creatinina, proteínas totais e albumina para balanço de nitrogênio em leitões de 6 a 15 kg, alimentados com rações de baixo nível proteico suplementadas com aminoácidos essenciais

Variáveis	Níveis de proteína bruta, %					CV <sup>1</sup>	Efeito <sup>2</sup>
	21,0	19,5	18,0	16,5	15,0		
Ureia, mg/dL	32,629	24,519	18,970	19,278	14,180	24,663	L
Creatinina, mg/dL	0,969	0,927	0,996	0,912	0,992	9,616	NS
Proteínas totais, g/dL	3,845	3,723	3,558	3,793	3,664	7,287	NS
Albumina, g/dL	1,966	1,766	1,699	1,984	1,567	18,001	NS
Globulina, g/dL	1,879	1,957	1,859	1,809	2,097	24,605	NS
Equação de Regressão						R <sup>2</sup>	
Ureia = - 28,6497 + 2,80917 PB						0,90	

<sup>1</sup> Coeficiente de variação; <sup>2</sup> Análise de regressão.

A ureia é produzida, de maneira geral, quando a dieta é rica em proteína e os aminoácidos ingeridos excedem a necessidade corporal para a síntese proteica, ou durante o jejum, quando as proteínas celulares são usadas como fonte de energia para o corpo (Nelson & Cox, 2011). Na nutrição animal, outro motivo é quando a dieta é inadequada em algum dos aminoácidos essenciais e a síntese de proteína não ocorre em velocidade igual à obtida quando esse aminoácido está disponível em níveis adequados (Penz Jr. & Viola, 1998). Dessa forma, há um aumento da concentração de ureia no plasma, devido a um desequilíbrio de aminoácidos (Brow & Cline, 1974; Coma et al., 1995) ou ao consumo de uma proteína de má qualidade (Brow & Cline, 1974).

A ureia e a creatinina são produtos de metabolismo do nitrogênio presentes no sangue, utilizados clinicamente na investigação de doença renal. Valores plasmáticos ou séricos de ureia, no entanto, também podem ser usados para quantificar a eficiência de utilização de nitrogênio pelo organismo e constituem um bom indicativo de problemas com o status proteico associados a programas de alimentação inadequados (González & Scheffer, 2002). As concentrações mais elevadas de ureia sérica nos tratamentos com 21% e 19,5% de proteína bruta, possivelmente, são resultantes de desequilíbrio no perfil de aminoácidos absorvidos a partir dessas dietas.

A albumina é uma proteína sintetizada pelo fígado, sendo catabolizada por todos os tecidos metabolicamente ativos e, quando a concentração dos aminoácidos nas células teciduais diminui a níveis inferiores aqueles do plasma, os aminoácidos, penetram nas células e são usados para síntese de proteínas essenciais dos tecidos (Kaneko, 1997).

A albumina leva um tempo relativamente longo para refletir as variações na ingestão de proteína. O período relativamente curto de fornecimento das rações experimentais pode explicar a falta de diferença entre os tratamentos.

Para Figueiredo et al. (2003), quando ocorre redução das proteínas globulares (proteína total, albumina e globulina), há indicativo de menor disponibilidade de aminoácidos para a síntese das proteínas. No entanto, no presente trabalho esses parâmetros não apresentaram diferença estatística, podendo afirmar que o uso dos aminoácidos sintéticos foi eficiente para promover uma correta síntese proteica.

A separação do nitrogênio da urina em seus componentes (ureia e creatinina) está apresentada na Tabela 6.

Tabela 6 - Níveis de ureia e creatinina na urina de leitões de 6 a 15 kg, alimentados com rações de baixo nível proteico suplementadas com aminoácidos essenciais

Variáveis	Níveis de proteína bruta, %					CV <sup>1</sup>	Efeito <sup>2</sup>
	21,0	19,5	18,0	16,5	15,0		
Ureia, mg/dL	505,36	412,60	319,84	227,07	134,31	24,74	L
Creatinina, mg/dL	28,37	32,17	35,96	39,75	43,54	49,24	L
Equação de Regressão						R <sup>2</sup>	
Ureia = - 793,331 + 61,8427 PB						0,73	
Creatinina = 81,4563 - 2,52750 PB						0,71	

<sup>1</sup> Coeficiente de variação; <sup>2</sup> Análise de regressão.

Os níveis de ureia na urina de leitões dos 6 aos 15 kg de peso vivo reduziram de forma linear ( $P < 0,05$ ).

Ao contrário dos carboidratos e lipídeos, os aminoácidos em excesso não podem ser armazenados nos tecidos. Este excesso é catabolizado e transformado em amônia que, por causa da sua toxicidade, é convertida em glutamina, liberada na corrente sanguínea e conduzida ao fígado para ser convertida em ureia, posteriormente é transportada pela circulação sanguínea até os rins, onde é filtrada e excretada na urina (Wright, 1995). A ureia representa em torno de 95% do nitrogênio total da urina (Canh et al., 1998).

Os níveis maiores de proteína bruta (21,0% e 19,5%) promoveram maiores valores para a ureia urinária, confirmando que o excesso de proteína leva à sobra dos

aminoácidos triptofano, isoleucina e valina, e, conseqüentemente aumento da eliminação destes na forma de ureia, ou seja, há um desequilíbrio dos aminoácidos, onde valina e isoleucina estão acima da exigência. No nível de 15% de proteína bruta ocorre o perfil ideal dos aminoácidos. Tais resultados confirmam que a medida da concentração de ureia é um método auxiliar na determinação das exigências proteicas de suínos, conforme argumentado por Chen et al. (1995).

Houve um aumento linear ( $P < 0,05$ ) nos níveis de creatinina na urina dos leitões com a redução da proteína bruta das rações.

O aumento na concentração da creatinina ocorreu por causa de uma redução do volume de urina excretada, em função da diminuição do nível de proteína bruta das rações associada com um menor consumo de água pelos leitões. Com a redução do volume de urina produzida há um aumento na concentração de creatinina na urina.

A creatinina, sendo um dos produtos do metabolismo nitrogenado, é removida do corpo continuamente através dos rins, uma vez que ela não é reabsorvida e nem reaproveitada pelo organismo (González & Scheffer, 2002). Budiño et al. (2001) relataram que a creatinina urinária é altamente variável, podendo ser influenciado por fatores dietéticos e a quantidade total de creatinina eliminada diariamente é proporcional ao peso dos suínos (Deguchi, 1998).

### **Conclusões**

A redução dos níveis de proteína bruta nas rações de leitões dos 6 aos 15 kg de peso vivo, de 21% para 15%, com o uso de aminoácidos sintéticos, não afetou o desempenho dos animais. A relação AAE: AANE aumentou com a redução dos níveis proteicos da ração, onde o nível de 15% de proteína bruta foi o que apresentou a melhor relação (53:47). As concentrações de ureia sanguínea, bem como a excreção de nitrogênio pela urina foram reduzidas, com isso, é possível afirmar, que essas variáveis estão associadas ao nível de proteína bruta da ração. Assim, do ponto de vista ambiental, a redução da proteína bruta é eficiente para diminuir o poder poluente dos dejetos.

## Referências

- ADEOLA, O. Digestion and balance techniques in pigs. In: LEWIS, A.J.; SOUTHERN, L.L. **Swine nutrition**. 2.ed. Boca Raton: CRC, 2001. p.903-916.
- BROWN, J.A.; CLINE, T.R. Urea excretion in the pig: an indicator of protein quality and amino acid requirements. **Journal Nutrición**, n.104, p.542-545, 1974.
- BUDIÑO, F.E.L. ; KESSLER, A.M. ; BERNARDI, M.L. Composição corporal e puberdade de leitões alimentadas com níveis alto e baixo de proteína na dieta. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.5, p.1481-1489, 2001.
- CAI, Y., ZIMMERMAN, D.R., EWAN, R.C. Diurnal variation in concentrations of plasma urea nitrogen and amino acids in pigs given free access to feed or fed twice daily. **Journal Nutrition**, v.124, p.1088-1093, 1994.
- CANH, T.T.; CARNINK, A.J.A.; VERSTEGEN, M.W.A. et al. Influence of dietary factors on the pH and ammonia emission of slurry from growing-finishing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v76, n.4, p.1123-1130, 1998.
- CHEN, H.Y., MILLER, P.S., LEWIS, A.J. et al. Changes in plasma urea concentration can be used to determine protein requirements of two populations of pigs with different protein accretion rates. **Journal of Animal Science**, v.73, p.2631-2639, 1995.
- COLE, D.J.A. VAN LUNEN, T.A. Ideal amino acid patterns. In: D'Mello, J.P.F. **Amino Acids in Farm Animal Nutrition**. Farhan Royal: CAB International, p.99-112,1994.
- 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, 1995.
- 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, 1998.
- DONZELE, J.L.; COSTA P.M.A.; ROSTAGNO, H.S. et al. Níveis de proteína bruta para suínos de 5 a 15 kg de peso vivo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.21, n.6, p.1077-1083, 1992.
- FERREIRA, R.A.; OLIVEIRA, R.F.M.; DONZELE, J.L. et al. Redução da proteína bruta da ração e suplementação de aminoácidos para suínos machos castrados dos 15 aos 30 kg mantidos em ambiente de alta temperatura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.35, n.3, p.1056-1062, 2006.
- FIGUEIREDO, A.N.; MIYADA, V.S.; UTIYAMA, C.E. et al. Ovo em Pó na Alimentação de Leitões Recém-Desmamados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.1901-1911, 2003(Supl. 2).
- FIGUEROA, J. L.; LEWIS, J. A.; MILLER, P. S. et al. 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.
- GÓMEZ, R.S.; LEWIS, A.J.; MILLER, P.S. et al. 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, 2002.
- GONZÁLEZ, F.H.D.; SCHEFFER, J.F.S. Perfil sanguíneo: ferramenta de análise clínica, metabólica e nutricional. In: CONGRESSO NACIONAL DE MEDICINA VETERINÁRIA, 20., 2002, Gramado. **Anais...** Gramado: Congresso Nacional de Medicina Veterinária, 2002. p.5-17.

- GOULART, C.C.; PERAZZO COSTA, F.G.; MELO, M.L. et al. Efeito da proteína bruta e relação aminoácidos essenciais: aminoácidos não essenciais da dieta inicial sobre as deposições de proteína e de gordura em frangos de corte. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 47., 2010, Salvador. **Anais...** Salvador: Sociedade Brasileira de Zootecnia, [2010]. (CD-ROM).
- HEGER, J. Essential to non-essential amino acid ratios. In: D'MELLO, J.P.F. (Ed.). **Amino acids in farm animal nutrition**. CAB International, p.103-124, 2003.
- 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, 1998.
- KANEKO, J.J.; HARVEY, J.W.; BRUSS, M.L. **Clinical biochemistry of domestic animals**. 5.ed. San Diego: Academic Press, 1997. 932p.
- 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, 1995.
- KERR, B. J.; MCKEITH, F. K.; EASTER, R. A. Effect on performance and carcass characteristics of nursery to finisher pigs fed reduced crude protein, amino acid-supplemented diets. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.73, n.2, p.433-440, 1995.
- KERR, B.J.; YEN, J.T.; NIENABER, J.A. et al. 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, 2003.
- LORDELO, M.M.; GASPAR, A.M.; LE BELLEGO, L. et al. Isoleucine and valine supplementation of a low-protein corn-wheat-soybean based diet for piglets: growth performance and nitrogen balance. **Journal of Animal Science**, Lisboa, v.99, p.2936-2941, 2008.
- MITCHELL, H.H. A method of determining the biological value of protein. **The Journal of Biological Chemistry**, p.873-903, 1923.
- MOREIRA, I.; OLIVEIRA, G.C.; FURLAN, A.C. et al. Utilização da farinha pré-gelatinizada na alimentação de leitões na fase de creche. Desempenho e digestibilidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, p.440-448, 2001.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (Washington, Estados Unidos). **Nutrients requirements of swine**. 10.ed. Washington: National Academy of Science, 1998. 189p.
- NELSON, D.L.; COX, M.M. **Lehninger princípios de bioquímica**. 5.ed. Porto Alegre: Artmed - Sarvier, 2011. 1274p.
- OLIVEIRA, V.; FIALHO, E.T.; LIMA, J.A.F. et al. Teor de proteína no metabolismo do nitrogênio e da energia em suínos em crescimento. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.29, n.4, p.866-874, 2005.
- PARTRIDGE, I.G.; LOW, A.G.; KEAL, H.D. et al. A note on the effect of feeding frequency on nitrogen use in growing boars given diets with varying levels of lysine. **Animal Production**, Edingurgh, v.40, n.2, p.375-377, 1985.
- PEKAS, J.C. Versatile swine laboratory apparatus for physiologic and metabolic studies. **Journal of Animal Science**, v.27, n.5, p.1303-1309, 1968.
- PENZ Jr., A.M.; VIOLA, E.S. Nutrição. In: SOBESTIANSKI, J; WENTZ, I.; SILVEIRA, P.R.S. et al. (Eds.) **Suinocultura intensiva: produção, manejo e saúde do rebanho**. Brasília: Embrapa; Concórdia: Embrapa-CNPSA, 1998. p.47-63.

- PERDOMO, C.C.; LIMA, G.J.M.M. Considerações sobre a questão dos dejetos e o meio ambiente. In: SOBESTIANSKY, J.; WENTZ, I.; SILVEIRA, P. R. S. da; SESTI, L.A.C. (Ed.) **Suinocultura intensiva: produção, manejo e saúde do rebanho**. Concórdia: EMBRAPA, CNPSA, 1998. cap.11, p.221- 235.
- RIZZO, E.A.; SOUZA, L.; PIOVESAN, V. et al. Influência do teor de proteína bruta da ração na concentração de metabólitos sanguíneos de suínos. In: VIII CONGRESSO INTERNACIONAL DE ZOOTECNIA E XV CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA DA UFPe, 2006, Recife. **Anais...** Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2006.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2.ed.Viçosa: UFV, 2005. 186p.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3.ed.Viçosa: UFV, 2011. 252p.
- SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. **Métodos de pesquisa em Nutrição para Monogástricos**. Jaboticabal: FUNEP, 2007. 283p.
- SHRIVER, J.A.; CARTER, S.D.; SUTTON, A.L. et al. 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, 2003.
- SUIDA, D. Interação da nutrição protéica com fatores econômicos, desempenho, meio ambiente e sanidade de suínos. In: Simpósio sobre manejo e nutrição de aves e suínos e tecnologia da produção de rações, Campinas. **Anais...** Campinas, 2001.
- TRINDADE NETO, M.A.; LIMA, J.A.F.; BERTECHINI, A.G. et al. Dietas e níveis protéicos para leitões desmamados aos 28 dias de idade – fase inicial. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.23, n.1, p.92-99, 1994.
- 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, p.449-458, 2003.
- 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, 1998.
- YAMASHITA, K.; ASHIDA, K. Lysine metabolism in rats fed lysine-free diet. **Journal of nutrition**, Bethesda, v.99, n.3, p.267-273, 1969.
- ZANGERONIMO, M. G.; FIALHO, E. T.; LIMA, J.A.F. et al. Redução do nível de proteína bruta da ração com suplementação de aminoácidos sintéticos para leitões na fase inicial. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.3, p.849-856, 2006.

#### IV – Redução dos níveis de proteína bruta em rações suplementadas com aminoácidos essenciais para leitões de 15 a 30 kg

**RESUMO:** Foram conduzidos dois experimentos com o objetivo de avaliar a redução da proteína bruta (PB) com suplementação de aminoácidos sintéticos nas rações de leitões de 15 a 30 kg. No experimento de desempenho (Exp. I) foram utilizados 60 leitões, com peso vivo inicial de  $15,34 \pm 0,87$  kg e final  $30,08 \pm 1,59$  kg, distribuídos em um delineamento de blocos casualizados com seis repetições, cinco tratamentos e dois animais por unidade experimental. Os tratamentos consistiram em cinco rações onde o teor de PB foi reduzido em 1,5 pontos percentuais (19,24%, 17,74%; 16,24%; 14,74% e 13,24%), sendo atendidas as exigências dos aminoácidos, com adição de L-lisina, DL-metionina, L-treonina, L-triptofano, L-valina e L-isoleucina. As estimativas de melhor ganho diário de peso e conversão alimentar, de acordo com o modelo LRP, foram de 14,23% e 14,79% de PB, respectivamente. À medida que os níveis de PB foram reduzidos houve aumento na relação AAE: AANE. A concentração de ureia plasmática reduziu linearmente ( $P < 0,05$ ), indicando que houve melhor aproveitamento dos aminoácidos à medida que se reduziu a PB. No balanço de nitrogênio (Exp. II) foram utilizados 30 leitões, machos castrados, com  $21,69 \pm 4,46$  kg de peso vivo médio inicial, alojados em gaiolas de metabolismo, distribuídos em um delineamento de blocos ao acaso, totalizando cinco tratamentos, seis repetições, sendo a unidade experimental constituída por um leitão. O valor biológico da proteína das rações permaneceu acima do ideal (70%), onde o nível de 13,24% de PB correspondeu ao maior valor obtido. Não houve diferença para os níveis de ureia no sangue e urina. Conclui-se que a redução dos níveis proteicos foi eficiente para diminuir o efeito poluidor nos dejetos, com menor excreção de nitrogênio nas fezes e na urina.

**Palavras-chave:** proteína ideal, suíno, ureia, valor biológico

### III – Reduced levels of crude protein in diets supplemented with essential amino acids for piglets with 15 to 30kg

**ABSTRACT** – Two experiments were carried out to evaluate the reduction of crude protein (CP) supplemented with synthetic amino acids in diets for piglets of 15 to 30 kg. In the performance assay (Exp I) were used 60 piglets with initial weight of  $15.34 \pm 0.87$  kg and final weight of  $30.08 \pm 1.59$  kg, distributed in a randomized block design with six replicates, five treatments and two animals per experimental unit. The treatments consisted of five diets where the CP was reduced by 1.5 percentage points, resulting in low protein diets (19.24%, 17.74%, 16.24%, 14.74% and 13.24%), meeting the requirements of amino acids with added L-lysine, DL-methionine, L-threonine, L-tryptophan, L-valine and L-isoleucine. The average daily gain and feed conversion ratio according to linear response plateau model (LRP) were estimated 14.23% and 14.79% of CP respectively. As the CP levels were reduced there was an increase in the EAA: NEAA ratio. The plasma urea concentration decreases in a linear effect ( $P < 0.05$ ), indicating that there was a better use for amino acids with the CP reduction. In the nitrogen balance (Exp II) were used 30 crossbred barrow piglets, with average weight of  $21.69 \pm 4.46$  kg, housed in metabolism cages, distributed in a completely randomized design, with a total of five treatments, six replicates and the experimental unit consists of a piglet. The protein biological value in the diets remained above the ideal (70%), where the level of 13.24% CP corresponded to the highest value. There was no difference in levels of urea in blood and urine. It can be concluded that the reduction of protein levels was efficient to decrease the pollution effect in dejects, with a smaller nitrogen excretion in feces and urine.

**Key words:** biological value, ideal protein, pig, urea

## Introdução

O sistema intensivo de criação de suínos origina grande quantidade de dejetos, por esse motivo a preocupação é de melhorar a produtividade e evitar a contaminação do meio ambiente com os dejetos. A concentração de nitrogênio nos dejetos é considerável e o excesso é transformado em substâncias como nitrato e amônia, que são nocivas ao ambiente, ao desempenho e à saúde dos animais e do homem.

Os avanços nutricionais na determinação das exigências de aminoácidos para suínos, associado com o aumento na disponibilidade dos aminoácidos sintéticos, permitem que os níveis de proteína bruta das dietas sejam reduzidos, aplicando-se o conceito de proteína ideal, com o objetivo de fornecer ao suíno um balanço de aminoácidos que supra suas exigências sem excesso nem deficiência, e propicie maior eficiência de deposição proteica e menor excreção de nitrogênio.

A proporção ótima entre o nitrogênio dos aminoácidos essenciais (AAE) e o nitrogênio total (NT) para crescimento, ou deposição de proteína, vai depender da concentração do nitrogênio dietético, onde dietas ricas em nitrogênio apresentam uma menor relação e vice-versa. Valores muito altos ou muito baixos da relação entre AAE: NT têm efeito adverso sobre o desempenho (Heger, 2003).

As rações desbalanceadas ou com excesso de aminoácidos representam um grande problema ambiental, em virtude da excessiva excreção de nitrogênio nos dejetos (Parsons & Baker, 1994). Para Kerr et al. (1995) e Figueroa et al. (2002) entre 50 a 60 % do nitrogênio consumido pelos suínos, alimentados com rações convencionais, é retido e o restante é eliminado nas fezes e urina.

Rações com níveis proteicos acima da necessidade do animal fazem com que o excesso de aminoácidos seja catabolizado, acarretando sobrecarga ao fígado e aos rins, que necessitam eliminar o excesso de nitrogênio. Esse processo de catabolismo de aminoácidos excedentes aumenta a produção de calor e faz com que o animal reduza a quantidade de alimento consumido e, conseqüentemente, a quantidade de outros nutrientes indispensáveis para produção (Miyada, 1999).

Os objetivos deste trabalho foram avaliar o desempenho, balanço de nitrogênio e as concentrações de proteínas e metabólitos sanguíneos e urinários de leitões de 15 a 30 kg alimentados com rações de baixo nível proteico com suplementação de aminoácidos sintéticos.

## **Material e Métodos**

Os experimentos foram realizados no Setor de Suinocultura da Fazenda Experimental de Iguatemi (FEI), pertencente ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual de Maringá (CCA/UEM), localizada no Estado do Paraná.

O experimento I consistiu em avaliar o desempenho de leitões dos 15 aos 30 kg de peso vivo e o experimento II foi realizado para a determinação do balanço de nitrogênio. As rações utilizadas foram as mesmas para os dois experimentos (Tabela 1).

As rações foram formuladas à base de milho, farelo de soja, óleo de soja, fosfato bicálcico, calcário, sal iodado, bicarbonato de sódio, suplemento mineral + vitamínico, antioxidante, leucomag<sup>®</sup> e aminoácidos.

O bicarbonato de sódio foi utilizado para manter as rações com o mesmo balanço eletrolítico.

Os tratamentos consistiram em cinco rações, onde o teor de proteína bruta foi reduzido em 1,5 pontos percentuais, resultando em rações de baixa proteína (19,24%, 17,74%; 16,24%; 14,74% e 13,24%), calculadas de modo a serem isoenergéticas. As rações foram formuladas de acordo com as recomendações de Rostagno et al. (2005) com base no conceito de proteína ideal e aplicando os coeficientes de digestibilidade verdadeira para estimar os valores de aminoácidos digestíveis.

A composição aminoacídica do milho, do farelo de soja, do leite em pó desnatado e do soro de leite utilizados na formulação das rações foram obtidas por meio de cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC), pela Ajinomoto do Brasil, e foram aplicados os coeficientes de digestibilidade verdadeira dos aminoácidos desses ingredientes obtidos por Rostagno et al. (2005).

Os aminoácidos sintéticos utilizados foram a L-lisina, DL-metionina, L-treonina, L-triptofano, L-valina e L-isoleucina, onde os níveis destes aminoácidos alcançaram ou excederam ligeiramente as recomendações sugeridas por Rostagno et al. (2005).

Tabela 1- Composição centesimal e nutricional das rações contendo diferentes níveis de proteína bruta para leitões de 15 a 30 kg

Ingredientes	Níveis de proteína bruta, %				
	19,24	17,74	16,24	14,74	13,24
Milho	60,443	64,987	69,666	74,402	79,141
Farelo soja, 45%	34,281	29,477	24,493	19,434	14,375
Óleo de Soja	1,363	1,181	0,947	1,651	0,433
Fosfato Bicálcico	1,567	1,594	1,623	0,690	1,680
Calcário	0,550	0,571	0,593	0,615	0,634
Supl. vit. + min. <sup>1</sup>	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
Sal Comum	0,660	0,500	0,334	0,167	0,003
Bicarbonato de sódio	0,260	0,490	0,735	0,980	1,220
L-Lisina HCL	0,176	0,316	0,463	0,611	0,760
DL-Metionina	0,107	0,147	0,188	0,230	0,272
L-Treonina	0,075	0,142	0,211	0,281	0,350
L-Valina	-	0,072	0,152	0,232	0,313
L-Triptofano	-	-	0,022	0,049	0,077
L-Isoleucina	-	-	0,055	0,137	0,220
Antioxidante - BHT	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Leucomag <sup>®2</sup>	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Total	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000
Composição nutricional calculada					
Balanço eletrolítico	222,730	222,290	222,550	222,400	221,690
EM (Mcal/kg)	3,230	3,230	3,230	3,230	3,230
Proteína bruta (%)	19,240	17,740	16,240	14,740	13,240
Lisina digestível (%)	1,145	1,145	1,145	1,145	1,145
Metionina digestível (%)	0,377	0,397	0,417	0,438	0,459
Treonina digestível (%)	0,721	0,721	0,721	0,721	0,721
Triptofano digestível (%)	0,223	0,199	0,195	0,195	0,195
Valina digestível (%)	0,794	0,790	0,790	0,790	0,790
Isoleucina digestível (%)	0,731	0,656	0,630	0,630	0,630
Arginina digestível (%)	1,278	1,139	0,995	0,849	0,702
Leucina digestível (%)	1,525	1,415	1,300	1,182	1,066
Fenilalanina digestível (%)	0,889	0,801	0,713	0,624	0,535
Histidina digestível (%)	0,475	0,435	0,394	0,351	0,309
Cálcio (%)	0,720	0,720	0,720	0,720	0,720
Sódio (%)	0,350	0,350	0,350	0,350	0,350
Cloro (%)	0,473	0,407	0,336	0,265	0,196
Potássio (%)	0,797	0,723	0,645	0,567	0,488
Fósforo disponível (%)	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400
Relação AAE: AANE <sup>3</sup>	47:53	48:52	49:51	52:48	54:46

<sup>1</sup>Suplemento vitamínico-mineral e aminoácido para leitões na fase de creche, composição por kg do produto: Vit A, 1.800.000 UI; Vit D3, 360.000 UI; Vit E, 4.000 UI; Vit K3, 600mg; Vit B1, 280mg; Vit B2, 800mg; Vit B6, 300mg; Vit B12, 3.600mcg; Niacina, 6.000mg; Ac. Pantotênico, 3.200mg; Biotina, 20mg; Ac. Fólico, 80mg; Colina, 31g; Ferro, 20.000mg; Cobre, 50.000mg; Cobalto, 120mg; Manganês, 11.000mg; Zinco, 18.000mg; Selênio, 60mg; Iodo, 200mg; Lisina, 140g; Antioxidante, 20g; veículo q.s.p., 1.000 g.; <sup>2</sup> Leucomag: leucomicina a 30%. <sup>3</sup> Relação AAE: AANE – Relação aminoácido essencial: aminoácido não essencial.

Após a formulação, verificou-se o fornecimento dos AAE em aminoácidos totais. Foram considerados como AAE: lisina, metionina, treonina, triptofano, valina,

isoleucina, arginina, leucina, fenilalanina e histidina. A metodologia empregada para calcular a relação de AAE: AANE consiste em somar a quantidade dos AAE totais, seguido de calcular o total de AA da dieta (AAT) em relação com o nível de proteína bruta da ração e, finalmente, a quantidade de AANE é determinada pela diferença entre AAT e AAE conforme Goulart et al. (2010).

### **Experimento I – Desempenho**

O experimento foi realizado no período 29 de abril a 25 de setembro de 2010. As temperaturas mínima e máxima médias, registradas no período experimental, foram de  $14,16 \pm 1,63^{\circ}\text{C}$  e  $25,18 \pm 1,85^{\circ}\text{C}$ , respectivamente. As umidades relativas do ar médias do período experimental, pela manhã e pela tarde, foram de  $79,32 \pm 8,88\%$ , e  $58,58 \pm 11,63\%$ , respectivamente.

Foram utilizados 60 leitões mestiços de linhagem comercial, sendo 30 machos e 30 fêmeas, com peso médio inicial de  $15,34 \pm 0,87$  kg e final de  $30,08 \pm 1,59$  kg. Os leitões foram alojados em galpão de creche em alvenaria com piso suspenso, coberto com telhas de fibrocimento, dispostas em quatro salas, cada uma possuindo dez baias e divididas por um corredor central. As baias continham  $1,32 \text{ m}^2$ , com piso de cimento e comedouros na parte anterior e piso de plástico parcialmente ripado com um bebedouro tipo “chupeta” na parte posterior. As rações e a água foram fornecidas à vontade durante todo o período experimental.

Os animais foram distribuídos em um delineamento de blocos casualizados com cinco tratamentos, seis repetições no tempo e dois animais por unidade experimental (UE). Foram pesados no início e no final do experimento, bem como o consumo total de ração foi computado, obtendo o consumo diário de ração (CDR), ganho diário de peso (GDP) e a conversão alimentar (CA) de cada unidade experimental.

No final do período experimental, foram colhidas amostras de sangue, em tubos com heparina (Cai et al., 1994), via veia cava cranial para análise de ureia, creatinina e proteínas totais no plasma.

As amostras sanguíneas foram centrifugadas (3.000 rpm por 15 minutos) para obtenção do plasma, sendo em seguida transferido para tubos do tipo “eppendorf”, devidamente identificados e armazenados em freezer ( $-18^{\circ}\text{C}$ ) para posteriores análises no Laboratório de Suinocultura da Fazenda Experimental de Iguatemi. Para essas análises utilizaram kits de diagnóstico “*in vitro*” da Gold Analisa.

Com o objetivo de avaliar os parâmetros do desempenho, os resultados foram submetidos à análise de variância, adotando o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ij} = \mu + B_i + b_1PB_i + b_2PB_i^2 + FA + e_{ijk}$$

Em que:

$Y_{ij}$  = variável dependente,

$\mu$  = constante geral;

$B_i$  = efeito do bloco, sendo  $i = 1, 2, 3, 4, 5$  e  $6$ ;

$b_1$  = coeficiente de regressão linear em função do nível de proteína bruta;

$PB_i$  = nível de proteína bruta, sendo  $T_1 = 19,24$  ;  $T_2 = 17,74$ ;  $T_3 = 16,24$ ;  $T_4 = 14,74$  e  $T_5 = 13,24\%$ ;

$b_2$  = coeficiente de regressão quadrático em função do nível de proteína bruta;

FA = falta de ajustamento do modelo de regressão;

$e_{ij}$  = erro experimental associado às observações.

Os graus de liberdade referentes a níveis de proteína bruta foram desdobrados em polinômios. Para a estimativa das exigências, foram utilizados os modelos quadrático e/ou modelo “Linear Response Plateau” (Braga, 1983), de acordo com o melhor ajustamento dos dados obtidos para cada variável, adotando o que obteve a menor soma de quadrado dos desvios (Rondón et al., 2000).

O peso inicial dos leitões foi utilizado como covariável para as variáveis de consumo diário de ração, ganho diário de peso e conversão alimentar.

## **Experimento II – Balanço de nitrogênio**

O Experimento II consistiu de um ensaio para avaliar o balanço de nitrogênio realizado no período de 17 de novembro a 10 de dezembro de 2010. Foram utilizados 30 suínos mestiços de linhagem comercial, machos, castrados, com  $21,69 \pm 3,46$  kg de peso vivo médio inicial.

Os animais foram alojados em gaiolas de metabolismo semelhantes às descritas por Pekas (1968), em sala com ambiente parcialmente controlado. As temperaturas mínima e máxima médias, registradas no período experimental, foram de  $20,15 \pm 1,55^\circ\text{C}$  e  $23,45 \pm 1,23^\circ\text{C}$ , respectivamente. As umidades relativas do ar médias do período experimental, pela manhã e pela tarde, foram de  $38,32 \pm 13,53\%$  e  $62,35 \pm 13,21\%$ , respectivamente.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com repetição no tempo, totalizando cinco tratamentos e seis repetições, sendo a unidade experimental constituída por um leitão. As coletas de fezes e urina foram realizadas conforme descrito por Sakomura & Rostagno (2007).

Os leitões receberam duas refeições diárias, fornecidas às 8h00 e 16h00, nas proporções de 60 e 40% da quantidade total, respectivamente. A quantidade total diária foi estabelecida de acordo com o consumo na fase de adaptação, baseado no peso metabólico ( $\text{kg}^{0,75}$ ). Para evitar o desperdício e facilitar o manejo, as rações foram umedecidas com 20% de água, e após cada refeição foi fornecida água no comedouro, na proporção de 3 mL/g de ração, calculada para cada unidade experimental, com o intuito de evitar o excesso de consumo de água.

Foram utilizados os métodos de coleta total de fezes, com a adição de 2% de óxido férrico ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) às rações como marcador do início e fim da coleta de fezes. As fezes totais produzidas foram coletadas uma vez ao dia em sacos plásticos e armazenadas em congelador a  $-18^\circ\text{C}$ . Posteriormente, foram homogeneizadas e uma amostra de 20% foi retirada, seca em estufa de ventilação forçada ( $55^\circ\text{C}$ ) e moída para análises do teor de nitrogênio.

A urina foi coletada diariamente em baldes plásticos contendo 20 mL de HCl 1:1. Uma alíquota de 20% foi acumulada diariamente e congelada a  $-18^\circ\text{C}$ , posteriormente, foram homogeneizadas e retiradas amostras para determinação de nitrogênio, ureia e creatinina. Para a análise de nitrogênio utilizou-se o método de Kjeldahl e para os teores de ureia e creatinina utilizaram kits de diagnóstico "*in vitro*" da Gold Analisa.

Foram colhidas amostras de sangue no final do experimento, via veia cava cranial, para a determinação da ureia, creatinina, proteínas totais, albumina e globulina.

As amostras sanguíneas foram centrifugadas (3.000 rpm por 15 minutos) para obtenção do plasma. Em seguida o plasma foi transferido para tubos do tipo "eppendorf", devidamente identificados e armazenados em freezer ( $-18^\circ\text{C}$ ) para posteriores análises no Laboratório de Suinocultura da Fazenda Experimental de Iguatemi. Para essas análises utilizaram kits de diagnóstico "*in vitro*" da Gold Analisa, exceto para a concentração de globulina que foi obtida por diferença após a determinação de proteínas totais e de albumina.

Os valores de nitrogênio consumido (NC), nitrogênio excretado nas fezes (NEF) e excretado na urina (NEU), foram obtidos pela multiplicação dos teores de nitrogênio

pelas quantidades de ração consumida, de fezes e de urina excretadas, respectivamente. A partir destes valores foram calculados o nitrogênio retido ( $NR = NC - NEF - NEU$ ), a porcentagem de nitrogênio retido em relação ao nitrogênio consumido, que é correspondente à utilização líquida de proteína ( $ULP = NR/NC \times 100$ ) e a porcentagem de nitrogênio retido em relação ao nitrogênio absorvido (NA), correspondente ao valor biológico da proteína dietética ( $VBPD = NR/NA \times 100$ ), conforme indicado por Adeola (2001). Para essas variáveis os cálculos foram baseados no peso metabólico ( $kg^{0,75}$ ).

As variáveis relacionadas com ao balanço de nitrogênio, assim como as variáveis sanguíneas e urinárias foram submetidos à análise de variância, por meio do Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas – SAEG (UFV, 2000), adotando o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ij} = \mu + B_i + b_1PB_i + b_2PB_i^2 + FA + e_{ijk}$$

Em que:

$Y_{ij}$  = variável dependente,

$\mu$  = constante geral;

$B_i$  = efeito do bloco, sendo  $i = 1$  e  $2$ ;

$b_1$  = coeficiente de regressão linear em função do nível de proteína bruta;

$PB_i$  = nível de proteína bruta, sendo  $T_1 = 19,24$  ;  $T_2 = 17,74$ ;  $T_3 = 16,24$ ;  $T_4 = 14,74$  e  $T_5 = 13,24\%$ ;

$b_2$  = coeficiente de regressão quadrático em função do nível de proteína bruta;

FA = falta de ajustamento do modelo de regressão;

$e_{ijk}$  = erro experimental associado às observações.

Os graus de liberdade referentes a níveis de proteína bruta foram desdobrados em polinômios. Para a estimativa das exigências, foram utilizados os modelos quadrático e/ou modelo “Linear Response Plateau” (Braga, 1983), de acordo com o melhor ajustamento dos dados obtidos para cada variável, adotando o que obteve a menor soma de quadrado dos desvios (Rondón et al., 2000), utilizando o Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas – SAEG (UFV, 1997).

## Resultados e Discussão

### Experimento I: Desempenho

Não foram observadas diferenças para o peso final e consumo diário de ração ( $P>0,05$ ) com a redução dos níveis de proteína bruta (Tabela 2). Esses resultados são semelhantes aos obtidos por Ferreira et al. (2003), que não verificaram influência da redução de 18 para 14% de proteína bruta no consumo diário de ração para suínos mantidos em termoneutralidade, no entanto, vale ressaltar que os autores utilizaram apenas lisina, metionina e treonina como aminoácidos sintéticos.

Tabela 2- Peso final (PF), consumo diário de ração (CDR), ganho diário de peso (GDP) e conversão alimentar (CA) de leitões de 15 a 30 kg alimentados com rações de baixo nível proteico suplementadas com aminoácidos essenciais

Variáveis	Níveis de proteína bruta, %					CV <sup>1</sup>	Efeito <sup>2</sup>
	19,24	17,74	16,24	14,74	13,24		
PF, kg	29,798	30,015	30,919	30,494	29,185	5,201	NS
CDR, kg	1,219	1,248	1,246	1,275	1,263	7,428	NS
GDP, kg	0,605	0,614	0,656	0,633	0,580	10,255	LRP e Quad.
CA	2,028	2,032	1,900	2,020	2,175	4,947	LRP e Quad.
Modelo	Equação				Nível ótimo		R <sup>2</sup>
	Ganho diário de peso						
LRP	0,2796 + 0,0233 PB				14,23		0,83
Quad.	-0,903985+0,188713 PB-0,00575224PB <sup>2</sup>				16,40		0,79
	Conversão alimentar						
LRP	3,3338 - 0,0883 PB				14,79		0,98
Quad. <sup>3</sup>	6,79245 - 0,577415 PB + 0,0172085 PB <sup>2</sup>				16,78		0,79

<sup>1</sup>Coeficiente de variação; <sup>2</sup>Análise de regressão; <sup>3</sup> Quadrático.

Tuitoek et al. (1997) e Figueroa et al. (2000), também não verificaram efeito da redução do nível de proteína da ração sobre o consumo de suínos dos 20 aos 50 kg. Considerando que o desbalanço de aminoácidos pode influenciar negativamente o consumo de ração (Henry & Sève, 1993) e, conseqüentemente, o ganho de peso, pode-se deduzir, com base nos resultados obtidos, que a suplementação de aminoácidos essenciais nas diferentes rações não influenciou a qualidade da proteína.

O ganho diário de peso e a conversão alimentar apresentaram efeito quadrático ( $P<0,05$ ) em função dos níveis de proteína bruta da dieta de leitões na fase inicial (15 a 30 kg), com estimativas para maior ganho diário de peso e melhor conversão alimentar em 16,40% e 16,78% de proteína bruta, respectivamente. No entanto, o melhor ajustamento dos dados foi obtido com o modelo Linear Response Plateau (LRP), com

estimativas de maior ganho diário de peso e melhor conversão alimentar em 14,23% (Figura 1) e 14,79% de proteína bruta na ração, respectivamente. Esse modelo proporcionou um melhor ajustamento dos dados, onde apresentou a menor soma de quadrado dos desvios na opção que considerou três pontos na reta (19,24; 17,74 e 16,24) e dois no platô (14,74 e 13,24) sendo estimado o valor de 14,23% de proteína bruta para um ganho de 0,611 kg/dia.

$$\text{Quadrático} = -0,903985 + 0,188713 \text{ PB} + 0,00575224 \text{ PB}^2 \quad (R^2 = 0,79)$$

$$\text{LRP} = 0,2796 + 0,0233 \text{ N} \quad (R^2 = 0,83)$$

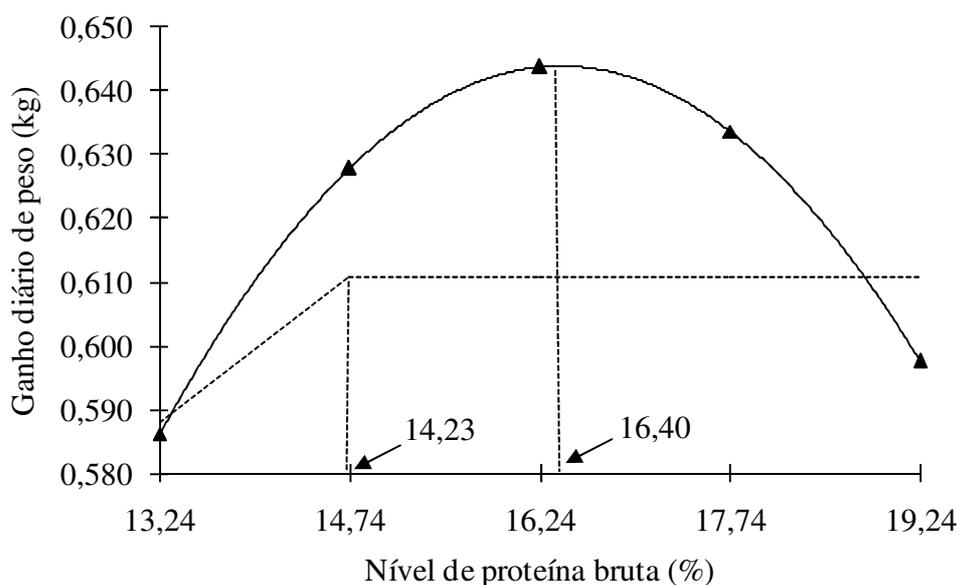


Figura 1- Ganho diário de peso de leitões de 15 a 30 kg alimentados com rações de baixo nível proteico suplementadas com aminoácidos essenciais

Kerr & Easter (1995) e Kerr et al. (2003), ao reduzirem o teor de proteína bruta de 16% para 12%, com e sem a suplementação de aminoácidos essenciais e não essenciais, para leitões com peso médio de 19 kg e 25,3 kg, respectivamente, verificaram que, de maneira geral, os leitões alimentados com rações de baixa proteína, suplementadas com aminoácidos, cresceram da mesma forma que os que receberam uma ração com alta proteína, contudo, os leitões que consumiram as rações sem suplementação aminoacídica cresceram a uma taxa mais lenta que os anteriores.

A relação entre AAE: AANE pode interferir no metabolismo, ou seja, a redução do teor de proteína bruta pode ser limitada caso não haja o 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. Em um segundo experimento, os autores estudaram se este fato pode ter ocorrido em função da deficiência de aminoácidos essenciais não utilizados, ou pela deficiência de aminoácidos não essenciais, e verificaram que os animais responderam à inclusão de aminoácidos não essenciais.

Brudevald e Southern (1994) relataram que uma dieta com adição de valina, não resultou em um melhor desempenho dos suínos, sendo que a adição de isoleucina, histidina e triptofano foram necessárias para que o crescimento fosse semelhante aos leitões alimentados com a dieta controle positivo.

Para Heger (2003), existem poucas informações disponíveis sobre a ótima relação entre AAE: AAT para suínos e aves. Mitchell et al. (1968) estudaram o efeito da adição de quatro níveis de glutamato com uma dieta semipurificada com uma concentração constante de aminoácidos essenciais para leitões de 10 kg, e verificaram que os leitões utilizavam o nitrogênio dietético de forma mais eficiente quando a proporção de AAE: AAT foi de 0,40. Wang & Fuller (1989) estimaram que a proporção ideal entre AAE: AAT para suínos em crescimento alimentados com dietas isoproteicas, variou de 0,34 a 0,58. Lenis et al. (1999) avaliando a retenção de nitrogênio em suínos concluíram que, para atingir a máxima retenção e utilização de nitrogênio, a relação deve ser de 0,5.

Como pode ser observado existe uma variação próxima do ótimo em que a resposta à variação da relação AAE: AAT não muda significativamente, sendo que a relação ótima para crescimento ou deposição de proteína estimada a um nível constante de nitrogênio dietético total, e usando a mesma classificação de aminoácidos, não difere substancialmente entre espécies, sendo o valor médio 0,55 a 0,60 (Heger, 2003). No presente trabalho à medida que os níveis de proteína bruta das rações foram reduzidos, houve um aumento na relação AAE: AANE. Os níveis de proteína bruta que mais se aproximaram desse ideal foi o de 14,74% e 13,24% com uma relação de AAE: AAT de 53: 48 e 54: 46 respectivamente (Tabela 1).

Houve redução linear ( $P < 0,05$ ) nos níveis de ureia no plasma dos leitões dos 15 aos 30 kg de peso vivo, com a redução do nível de proteína bruta da ração (Tabela 3). Esse efeito pôde ser comprovado por outros autores (Kerr et al., 1995), os quais verificaram que a redução de 16% para 12% de proteína bruta, sem a suplementação de aminoácidos, ocasionou em aumento moderado nos níveis de ureia plasmática, no entanto, quando houve a suplementação de lisina, treonina e triptofano, ocorreu redução drástica nesta concentração. Neste trabalho os dados indicam que o menor excesso de

aminoácidos quando a dieta foi reduzida para 12% de proteína bruta com a suplementação dos aminoácidos sintéticos, proporcionou redução das concentrações de ureia plasmática.

Tabela 3- Níveis plasmáticos de ureia, creatinina e proteínas totais de leitões de 15 a 30 kg alimentados com rações de baixo nível proteico suplementadas com aminoácidos essenciais

Variáveis	Níveis de proteína bruta, %					CV <sup>1</sup>	Efeito <sup>2</sup>
	19,24	17,74	16,24	14,74	13,24		
Ureia, mg/dL	33,376	30,544	25,247	24,711	17,883	28,996	L
Creatinina, mg/dL	1,015	1,017	1,069	1,050	1,108	14,396	NS
Proteínas totais, g/dL	5,419	4,933	5,181	5,025	5,155	11,362	NS
Equação de Regressão						R <sup>2</sup>	
Ureia = - 13,5114 + 2,45465 X						0,95	

<sup>1</sup> Coeficiente de variação; <sup>2</sup> Análise de regressão.

Considerando que a ureia sérica se origina da metabolização hepática de compostos nitrogenados (Stryer, 1996), uma menor concentração pode estar relacionada a um menor catabolismo dos aminoácidos a cada redução da proteína bruta da ração.

De acordo com os dados da literatura, um adequado balanço de aminoácidos favorece a síntese proteica, com menor catabolismo e, conseqüentemente, menor síntese de ureia, o principal produto deste catabolismo. Brown & Cline (1974) verificaram altas concentrações de ureia no soro sanguíneo de suínos alimentados com rações deficientes em aminoácidos. No entanto, esses mesmos autores notaram que, à medida que foram sendo adicionados aminoácidos às rações, as concentrações sanguíneas de ureia diminuíram.

A ureia é o principal produto do catabolismo protéico e seu acréscimo no plasma é reflexo dos altos níveis de proteínas na dieta, refletindo no crescimento e na eficiência alimentar dos suínos. De acordo com Fischer et al. (2000), o estudo dos níveis de ureia plasmática é um indicador do nível e da qualidade da proteína da dieta, porque o seu aumento no plasma é devido à remoção do nitrogênio corporal, quando os aminoácidos estão sendo metabolizados em excesso, sendo que esse excesso é eliminado do organismo principalmente através da urina. Assim, pode-se afirmar que a proteína oferecida aos leitões foi de boa qualidade e eficiente para reduzir os níveis de ureia plasmática.

Algumas pesquisas mostram que ao se reduzir o teor de proteína bruta da ração, os animais recebem maiores quantidades de energia líquida em relação ao calculado pelo

fornecimento de energia digestível. Isto ocorre uma vez que o incremento calórico diminui com a redução da proteína bruta, em razão da menor produção de calor pela redução na desaminação do excesso de aminoácidos com menor síntese e excreção de ureia e baixa taxa de *turnover* proteico. Suínos gastam cerca de 3,6 kJ de energia para excretarem 1 g de proteína digestível. Assim, a economia energética com a substituição de parte da proteína bruta por aminoácidos sintéticos proporciona maior disponibilidade de energia para utilização em outros processos metabólicos (Le Bellego et al., 2001).

Não foram observadas diferenças ( $P>0,05$ ) para os níveis de creatinina e proteínas totais com a redução da proteína bruta. De acordo com Kaneko (1997), valores entre 1,0 a 2,7 mg/dL de creatinina no sangue são considerados normais. Níveis elevados de creatinina no sangue indicam que o animal está passando por um grande desenvolvimento muscular, assim, os valores encontrados no presente trabalho podem refletir o início do crescimento pelo animal.

As proteínas do plasma são sensíveis às influências nutricionais, sendo que na maioria dos casos sua interpretação se torna difícil. Quando há depleção da dieta proteica ocorre hipoproteinemia e hipoalbuminemia (Kaneko, 1997), que não foram observadas no presente trabalho.

## **Experimento II – Balanço de nitrogênio**

A redução do teor de proteína bruta da dieta dos leitões na fase inicial (15 a 30 kg) resultou em menor consumo de nitrogênio ( $P<0,05$ ), onde o consumo de aminoácidos essenciais também foi alterado em função da adição dos aminoácidos sintéticos para atender as exigências nutricionais (Tabela 4).

Houve menor consumo de nitrogênio ( $P<0,05$ ) para os tratamentos com menor aporte proteico, uma vez que o consumo diário de ração dos animais foi estabelecido com base no peso metabólico, associado à diferença do nível de proteína bruta das rações experimentais.

Tabela 4- Efeito da redução dos níveis de proteína bruta com suplementação de aminoácidos essenciais sobre o balanço de nitrogênio em leitões de 15 a 30 kg

Variável	Níveis de proteína bruta, %					CV <sup>1</sup>	Efeito <sup>2</sup>
	19,24	17,74	16,24	14,74	13,24		
Nitrogênio consumido (g/dia)	36,65	37,33	34,19	31,69	24,83	16,32	-
Nitrogênio consumido (g/kg PV <sup>0,75</sup> /dia)	3,86	3,51	3,36	2,98	2,65	7,61	Linear
Nitrogênio excretado fezes (g/dia)	5,22	5,78	4,81	5,07	4,54	18,89	-
Nitrogênio excretado fezes (g/kg PV <sup>0,75</sup> /dia)	0,55	0,54	0,48	0,48	0,48	16,35	Linear
Nitrogênio excretado urina (g/dia)	8,99	8,95	8,27	7,50	3,88	29,99	-
Nitrogênio excretado urina (g/kg PV <sup>0,75</sup> /dia)	0,94	0,85	0,79	0,69	0,41	22,01	Linear
Nitrogênio absorvido (g/dia)	31,43	31,55	29,38	26,62	20,29	17,48	-
Nitrogênio absorvido (g/kg PV <sup>0,75</sup> /dia)	3,30	2,97	2,88	2,50	2,17	8,63	Linear
Nitrogênio total excretado (g/dia)	14,21	14,73	13,08	12,56	8,42	21,67	-
Nitrogênio total excretado (g/kg PV <sup>0,75</sup> /dia)	1,50	1,39	1,27	1,17	0,90	13,51	Linear
Nitrogênio retido (g/dia)	22,44	22,60	21,11	19,12	16,41	16,49	-
Nitrogênio retido (g/kg PV <sup>0,75</sup> /dia)	2,36	2,12	2,09	1,80	1,76	10,49	Linear
Nitrogênio retido/consumido (%) - ULP	61,25	60,40	62,51	60,09	66,17	8,03	NS
Nitrogênio retido/absorvido (%) - VBPD	71,54	71,49	72,86	71,78	80,93	7,69	LRP e Quadrático
Equação de Regressão						R <sup>2</sup>	
Nitrogênio consumido (g/kg PV <sup>0,75</sup> /dia) = 0,0836625 + 1,22672 N						0,99	
Nitrogênio excretado fezes (g/kg PV <sup>0,75</sup> /dia) = 0,285937 + 0,0852823 N						0,72	
Nitrogênio excretado urina (g/kg PV <sup>0,75</sup> /dia) = - 0,575404 + 0,505128 N						0,89	
Nitrogênio absorvido (g/kg PV <sup>0,75</sup> /dia) = - 0,202275 + 1,14144 N						0,97	
Nitrogênio total excretado (g/kg PV <sup>0,75</sup> /dia) = - 0,289467 + 0,590411 N						0,95	
Nitrogênio retido (g/kg PV <sup>0,75</sup> /dia) = 0,373129 + 0,636309 N						0,94	
Nitrogênio retido/absorvido - VBPD (LRP) = 161,6825 - 38,119 N						1,00	
Nitrogênio retido/absorvido - VBPD (Quadrático) = 225,584 - 110,697 N + 19,7721 N <sup>2</sup>						0,82	

<sup>1</sup> Coeficiente de variação; <sup>2</sup> Análise de regressão.

O nitrogênio excretado nas fezes e na urina, bem como o nitrogênio absorvido e a excreção total de nitrogênio, apresentaram redução linear ( $P < 0,05$ ) em função da redução dos níveis de proteína bruta. As variações que podem ocorrer entre o nitrogênio fecal e o nitrogênio urinário estão relacionadas com a menor quantidade de nitrogênio ingerido. O nitrogênio nos dejetos dos suínos é resultado da desaminação dos aminoácidos não utilizados para a síntese proteica quando há excesso ou desbalanço de aminoácidos nas rações (Moreira et al., 2004).

Kerr et al. (1995), verificaram ligeiro aumento na excreção fecal de nitrogênio de leitões (22 kg) alimentados com uma dieta contendo 16% de proteína bruta em comparação com aqueles que receberam dietas com 12% de proteína bruta com suplementação de lisina, treonina e triptofano, no entanto, esse aumento não foi significativo. A não diferença entre as dietas, provavelmente, deve-se ao fato que os autores utilizaram apenas até o quarto aminoácido limitante (triptofano).

Quando a redução da proteína bruta é drástica e a inclusão dos aminoácidos sintéticos limitada, os resultados obtidos podem ser inesperados e não consistente com a hipótese inicial, como foi demonstrado por Figueroa et al., (2002). Contudo, os resultados podem ser favoráveis se houver a inclusão de mais aminoácidos essenciais na ração dos suínos. No presente trabalho isso pode ser demonstrado ao utilizar além de lisina, metionina e treonina, os aminoácidos triptofano, valina e isoleucina.

A redução de nitrogênio eliminado na urina é perfeitamente justificável, pois a urina é a principal via de eliminação do nitrogênio em excesso no organismo dos suínos. Pode-se confirmar que reduzir o teor de proteína bruta das rações é uma prática eficaz para diminuir a poluição ambiental. Le Bellego et al. (2001), também verificaram uma redução na excreção de nitrogênio urinário com a redução de 18,9 para 12,3% de proteína bruta para animais em crescimento. De acordo com os resultados de Le Bellego & Noblet (2002), para cada ponto percentual de diminuição na proteína da ração ocorreram 12,5% de decréscimo na excreção de nitrogênio urinário. Trabalhos conduzidos por Canh et al., (1998), também confirma que a ingestão de proteína em excesso é, sobretudo, excretado na urina.

Verificou-se uma redução de aproximadamente 9,5% no nitrogênio urinário a cada ponto percentual de decréscimo no conteúdo de proteína da ração. Kerr & Easter (1995), Canh et al. (1998), Oliveira et al. (2005) encontraram valores próximos a 11%.

A retenção de nitrogênio diminuiu linearmente ( $P < 0,05$ ) com a redução dos níveis de proteína bruta, ou seja, quando a porcentagem de proteína da dieta foi aumentada (19,24%), houve grande acréscimo na retenção de nitrogênio.

Algumas hipóteses já foram formuladas para tentar explicar esses resultados. Existem estudos comprovando que os aminoácidos sintéticos são absorvidos mais rapidamente que aqueles contidos nas proteínas dos alimentos, onde esta diferença na velocidade de absorção causaria um provável desequilíbrio no sítio de síntese de proteína (Partridge et al., 1985). Kerr & Easter (1995), relataram que a deficiência de aminoácidos não essenciais também pode ser uma justificativa para a menor retenção de nitrogênio observada em rações com baixos teores de proteína. De acordo com Roth et al. (1999) o excesso de aminoácidos essenciais é um requisito para que se tenha uma adequada retenção de nitrogênio.

Outra provável explicação para a redução da retenção de nitrogênio em dietas com baixa proteína bruta é que os valores de nitrogênio excretado nas fezes e excretado na urina podem ser superestimados nas rações com maior aporte proteico, porque não são considerados nesses cálculos as frações de nitrogênio fecal metabólico e nitrogênio urinário endógeno.

A porcentagem entre o nitrogênio retido em relação ao nitrogênio consumido, que também corresponde à utilização líquida de proteína (ULP), não apresentou efeito ( $P > 0,05$ ) com a redução da proteína bruta. Esses dados corroboram os achados de Lordelo et al (2008), onde observaram que esta variável também não foi diferente entre os tratamentos com a suplementação de valina e isoleucina.

O nitrogênio retido em relação ao nitrogênio absorvido, que corresponde ao valor biológico da proteína dietética (VBPD), respondeu de forma quadrática ( $P < 0,05$ ) com a redução dos níveis de proteína bruta da ração, contudo o melhor ajuste foi obtido com o modelo Linear Response Plateau (LRP), que apresentou uma estimativa de 2,35% de nitrogênio, o equivalente a 14,71% de proteína bruta. Esse modelo apresentou a menor soma de quadrado dos desvios na opção que considerou dois pontos na reta (19,24 e 17,74) e três no platô (16,24; 14,74 e 13,24) e maior valor para o  $R^2$ , sendo estimado o valor de 71,96% de nitrogênio retido em relação ao absorvido.

Ao analisarmos esses dados, pode-se observar que o maior valor biológico foi obtido com o menor nível de proteína bruta (13,24%), assim, os modelos estatísticos não favoreceram a explicação do efeito, tendo em vista os esclarecimentos para esse parâmetro.

Figuerola et al., (2002), não observaram altos valores biológicos da proteína dietética para marrãs em crescimento (41 kg). Segundo estes autores, provavelmente, isso se deve ao fato de suplementarem as rações somente até o aminoácido triptofano. Mencionaram ainda que os valores biológicos das rações que continham aminoácidos sintéticos foram mais altos em relação ao tratamento controle, no entanto, essas diferenças não foram significativas, como no presente trabalho.

O valor biológico da proteína dietética de uma ração se refere a integralidade com que os aminoácidos essenciais são fornecidos nessa ração, ou seja, quanto menor for o nível de proteína bruta das rações, melhor será o perfil de aminoácidos e conseqüentemente um melhor valor biológico terá essa ração. Os alimentos com proteínas de alta qualidade são de origem animal, enquanto os vegetais são incompletos em termos de um ou mais dos aminoácidos essenciais e, portanto, possuem valor biológico relativamente mais baixo.

Não foram observadas diferenças para as variáveis sanguíneas com a redução do nível de proteína bruta e suplementação de aminoácidos para leitões na fase inicial (15 a 30 kg) (Tabela 5).

Tabela 5- Níveis plasmáticos de ureia, creatinina, proteínas totais e albumina para balanço de nitrogênio em leitões de 15 a 30 kg, alimentados com rações de baixo nível proteico suplementadas com aminoácidos essenciais

Variáveis	Níveis de proteína bruta, %					CV <sup>1</sup>	Efeito <sup>2</sup>
	19,24	17,74	16,24	14,74	13,24		
Ureia, mg/dL	32,313	30,890	25,720	27,649	31,791	27,839	NS
Creatinina, mg/dL	1,056	1,023	1,149	1,064	1,126	8,396	NS
Proteínas totais, g/dL	4,500	4,243	4,191	4,111	4,048	16,905	NS
Albumina, g/dL	2,607	2,304	2,361	2,630	2,181	13,108	NS
Globulina, g/dL	1,893	1,939	1,830	1,481	1,867	43,254	NS

<sup>1</sup> Coeficiente de variação; <sup>2</sup> Análise de regressão.

O nitrogênio gerado pelo catabolismo de aminoácidos é excretado, principalmente sob a forma de ureia. A ureia constitui o principal produto terminal do metabolismo proteico no ser humano e nos demais mamíferos (Nelson & Cox, 2011). Os aminoácidos cristalinos, ou também chamados de sintéticos, são absorvidos mais rapidamente do que os aminoácidos contidos na proteína da dieta, diminuindo assim a excreção de ureia para o meio ambiente (Bertechini, 2003). Com a ausência de diferença neste parâmetro, pode-se deduzir que as rações apresentaram balanço de aminoácidos semelhantes e que a proteína oferecida era de boa qualidade.

A concentração de creatinina no plasma ou no soro sanguíneo está altamente correlacionada com a quantidade de carne magra na carcaça de suínos e, o consumo de nitrogênio parece exercer pouco efeito na concentração de creatinina no soro (Cameron et al., 2003), corroborando os resultados obtidos no presente trabalho.

A albumina é a maior reserva orgânica de proteínas e transporte de aminoácidos (Kaneko, 1997). Pode ser utilizada para avaliar a qualidade de nutrição proteica do animal (Babatunde et al., 1990). A não diferença nos resultados pode ser explicada pelo período relativamente curto de fornecimento das rações experimentais, associado ao fato de que a albumina leva um tempo relativamente longo para refletir as variações na ingestão de proteína.

Os níveis de ureia e creatinina na urina de leitões dos 15 aos 30 kg de peso vivo não apresentaram efeito ( $P>0,05$ ) em função da redução dos níveis de proteína bruta da ração (Tabela 6).

Tabela 6- Níveis de ureia e creatinina na urina de leitões de 15 a 30 kg, alimentados com rações de baixo nível proteico suplementadas com aminoácidos essenciais

Variáveis	Níveis de proteína bruta, %					CV <sup>1</sup>	Efeito <sup>2</sup>
	19,24	17,74	16,24	14,74	13,24		
Ureia, mg/dL	380,98	482,16	377,03	426,83	309,06	56,80	NS
Creatinina, mg/dL	15,52	25,77	29,76	35,90	24,75	48,54	NS

<sup>1</sup> Coeficiente de variação; <sup>2</sup> Análise de regressão.

A creatinina tem sua origem nos produtos do metabolismo nitrogenado e é removida do corpo continuamente através dos rins, uma vez que ela não é reabsorvida e nem reaproveitada pelo organismo (González & Scheffer, 2002). Para Deguchi (1998), a quantidade total de creatinina eliminada diariamente é proporcional ao peso dos suínos.

### **Conclusões**

A redução do teor de proteína bruta das rações dos leitões é recomendada para diminuir a eliminação de nitrogênio nas fezes e, principalmente, na urina. A partir dos resultados obtidos, conclui-se que para leitões de 15 a 30 kg o nível de proteína bruta da ração pode ser reduzido até 14,23% sem comprometer o desempenho dos animais. A relação entre AAE: AANE aumentou à medida que os níveis de proteína bruta foram reduzidos. O uso de aminoácidos sintéticos melhora a eficiência de utilização do nitrogênio da ração com menor excreção de nitrogênio para o meio ambiente.

## Referências

- ADEOLA, O. Digestion and balance techniques in pigs. In: LEWIS, A.J.; SOUTHERN, L.L. **Swine nutrition**. 2.ed. Boca Raton: CRC, 2001. p.903-916.
- 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 wich rubber seed meal partially replaced soybean meal. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.68, n.2, p.392-397, 1990.
- BERTECHINI, A.G. **Nutrição de monogástricos**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2003. 341p.
- BRAGA, J.M. 1983. **Avaliação da fertilidade do solo: ensaios de campo**. Viçosa, MG. UFV. 101p.
- BROW, J. A.; CLINE, T. R. Urea excretion in the pig: an indicator of protein quality and amino acid requirements. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v.04, n.5, p.542-545, 1974.
- BRUDEVOLD, A.B; SOUTHERN, L.L. Low-protein, crystalline amino acid supplemented, sorghum-soybean meal diets for the 10- to 20- kilogram pig. **Journal of Animal Science** v.72, p.638-647, 1994.
- CAI, Y., ZIMMERMAN, D.R., EWAN, R.C. Diurnal variation in concentrations of plasma urea nitrogen and amino acids in pigs given free access to feed or fed twice daily. **Journal Nutrition**, 124:1088-1093, 1994.
- CAMERON, N.D.; McCULLOUGH, E.; TROUP, K.; et al. Physiological responses to divergent selection for daily food intake or lean growth rate in pigs. **Animal science**. v.76, 27-34. 2003.
- CANH, T.T., A. J. A. AARNINK, J. B. SCHUTTE, J. D. et al. Dietary protein affects nitrogen excretion and ammonia emission from slurry of growing-finishing pigs. **Livestock Production Science** v.56, p.181-191. 1998.
- 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, 1998.
- FERREIRA, R.A.; OLIVEIRA, R.F.M.; DONZELE, J.L. et al. Redução de proteína bruta para suínos machos castrados dos 15 aos 30 kg mantidos em termoneutralidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.32, n.6, p.1639-1646, 2003.
- FIGUEROA, J.L.; LEWIS, A.J.; MILLER, P.S. Nitrogen balance and growth trials with pigs fed low-crude protein, amino acidsupplemented diets. **Nebraska Swine Report**, p.26-28, 2000.
- FIGUEROA, J. L.; LEWIS, J. A.; MILLER, et al. 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.
- FISCHER, R. L.; MILLER, P. S.; LEWIS, A. J. The use of plasma urea as an indicator of protein status in growing-finishing pigs. **Swine Report**, Nebraska p.29, 2000.
- GONZÁLEZ, F.H.D.; SCHEFFER, J.F.S. Perfil sanguíneo: ferramenta de análise clínica, metabólica e nutricional. In: CONGRESSO NACIONAL DE MEDICINA VETERINÁRIA, 29., 2002, Gramado. **Anais...** Gramado: Congresso Nacional de Medicina Veterinária, 2002. p.5-17.
- GOULART, C.C; PERAZZO COSTA, F.G.; MELO, M.L. et al. Efeito da proteína bruta e relação aminoácidos essenciais: aminoácidos não essenciais da dieta inicial sobre as deposições de proteína e de gordura em frangos de corte. In: Reunião

- Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 47., 2010, Salvador. **Anais...** Salvador: Sociedade Brasileira de Zootecnia, [2010]. (CD-ROM).
- HEGER, J. Essential to non-essential amino acid ratios. In: D'MELLO, J.P.F. (Ed.). **Amino acids in farm animal nutrition**. CAB International, p.103-124, 2003.
- HENRY, Y.; SÈVE, B. Feed intake and dietary amino acid balance in growing pigs with special reference to lysine, tryptophan and threonine. **Pig News and Information**, v.14, p.35-43, 1993.
- KANEKO, J.J.; HARVEY, J.W.; BRUSS, M.L. **Clinical biochemistry of domestic animals**. 5.ed. San Diego: Academic Press, 1997. 932p.
- 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.; YEN, J.T.; NIENABER, J.A. et al. 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, 2003.
- 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, p.45-58, 2002.
- LE BELLEGO, L.; VAN MILGEN, J.; DUBOIS, S. et al. Energy utilization of low-protein diets in growing pigs. **Journal of Animal Science**, Saint Gilles, v.79, p.1259-1271, 2001.
- LENIS, N.P.; VAN DIEPEN, H.T.M.; BIKKER, P. et al. Effect of the ratio between essential and nonessential amino acids in the diet on the utilization of nitrogen and amino acids by growing pigs. **Journal of Animal Science** v.77, p.1777-1787, 1999.
- LORDELO, M.M.; GASPAR, A.M.; LE BELLEGO, L. et al. Isoleucine and valine supplementation of a low-protein corn-wheat-soybean based diet for piglets: growth performance and nitrogen balance. **Journal of Animal Science**, Lisboa, v.99, p.2936-2941, 2008.
- MITCHELL, J.R.; Jr, BECKER, D.E.; HARMON, B.G. et al. Some amino acid needs of the young pig fed a semisynthetic diet. **Journal of Animal Science** v.27, p.1322-1326, 1968.
- MIYADA, V.S. Novas tendências para a nutrição de suínos em clima quente. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AMBIÊNCIA E QUALIDADE NA PRODUÇÃO INDUSTRIAL DE SUÍNOS, 1999, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1999. p.34-60.
- MOREIRA, I.; KUTSCHENKO, M.; FURLAN, A.C. et al. Exigência de lisina para suínos em crescimento e terminação, alimentados com rações de baixo teor de proteína, formuladas de acordo com o conceito de proteína ideal. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, Maringá, v.26, n.4, p.537-542, 2004.
- NELSON, D.L.; COX, M.M. **Lehninger princípios de bioquímica**. 5.ed. Porto Alegre: Artmed - Sarvier, 2011. 1274p.
- OLIVEIRA, V.; FIALHO, E.T.; LIMA, J.A.F. et al. Teor de proteína no metabolismo do nitrogênio e da energia em suínos em crescimento. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.29, n.4, p.866-874, 2005.

- PARSONS, C. M., BAKER, D. H. The concept and use of ideal proteins in the feeding of nonruminants. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 1994, Maringá. **Anais...** Maringá: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1994. p.120-128.
- PARTRIDGE, I.G.; LOW, A.G.; KEAL, H.D. et al. A note on the effect of feeding frequency on nitrogen use in growing boars given diets with varying levels of lysine. **Animal Production**, Edingurgh, v.40, n.2, p.375-377, 1985.
- PEKAS, J.C. Versatile swine laboratory apparatus for physiologic and metabolic studies. **Journal of animal Science**, v. 27, n. 5, 1968, p.1303-1309.
- RONDÓN, E.O.O.; MURAKAMI, A.E.; FURLAN, A.C. et al. Exigências nutricionais de sódio e cloro e estimativa do melhor balanço eletrolítico da ração para frangos de corte na fase pré-inicial (1 - 7 dias de idade). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.4, p.1162-1166, 2000.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa. 2.ed. 2005. 186 p.
- 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, 1999.
- SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal: Funep, 2007. 283p.
- STRYER, L. **Bioquímica**. 4.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996, 1000p.
- TUITOEK, K.; YOUNG, L.G.; LANGE, C.F.M. et al. The effect of reducing excess dietary amino acids on growing-finishig pig performance: evaluation of the ideal protein concept. **Journal of Animal Science**, v.75, p.1575-1583, 1997.
- WANG, T.C; FULLER, M.F. The optimum dietary amino acid pattern for growing pigs. Experiments by amino acid deletion. **British Journal of Nutrition** v.62, p.77-89, 1989.

## V - CONSIDERAÇÕES FINAIS

A redução dos níveis de proteína bruta de 21% para 15% na dieta de leitões dos 6 aos 15 kg de peso vivo, com suplementação de aminoácidos sintéticos, segundo o conceito de proteína ideal, não afetou o desempenho dos animais, sendo eficiente para reduzir a quantidade de nitrogênio excretado na urina, bem como a concentração de ureia sanguínea.

O nível de proteína bruta da ração de leitões dos 15 aos 30 kg de peso vivo pode ser reduzido de 19,24% para 14,23%, sem influenciar negativamente o desempenho, desde que as rações sejam devidamente suplementadas com aminoácidos sintéticos. Essa redução foi eficiente para reduzir a excreção de nitrogênio nas fezes e urina.

A relação AAE: AANE para as duas fases estudadas aumentou à medida que os níveis de proteína bruta das rações foi reduzido, ficando próximo aos valores citados na literatura como ideais.

Com base nos resultados, ficou claro que a redução do nível de proteína bruta da ração, desde que tenha a suplementação de aminoácidos essenciais, melhora a eficiência de utilização do nitrogênio da ração, por reduzir o excesso de aminoácidos fornecidos aos animais.

## VI – IMPLICAÇÕES

Várias pesquisas apontam a redução proteica, com suplementação de aminoácidos sintéticos na dieta, como uma ferramenta para melhorar o desempenho e reduzir a excreção de nitrogênio para o ambiente. É importante lembrar que esta redução não deve comprometer o fornecimento de nitrogênio para a síntese de aminoácidos não essenciais, assim, a suplementação de aminoácidos não essenciais na dieta também pode ser utilizada como recurso para melhorar o desempenho dos animais, evitando que os aminoácidos essenciais sejam utilizados para sua síntese, aumentando a síntese proteica.

Todo o excesso de aminoácido que não é assimilado pelo organismo dos suínos para a síntese proteica ou de substâncias nitrogenadas é excretado, havendo um desperdício de nitrogênio. Este desperdício de nitrogênio além de ser caro para o organismo, que passa a sintetizar mais ureia com gasto de energia e de aminoácidos, eleva o risco de contaminação ambiental, com consequências danosas em regiões onde a densidade de criação é alta.

A dosagem de ureia e creatinina sanguínea nos suínos são exames úteis para avaliar a sua nutrição e as condições fisiológicas em que se encontram. A execução desses exames é relativamente simples, além de não ser custosa e trazer muitos benefícios.

As implicações do conhecimento do metabolismo nitrogenado dos suínos podem levar a um melhor entendimento das ferramentas para otimizar o fornecimento de nitrogênio (aminoácidos) à ração desses animais, objetivando reduzir o potencial de contaminação ambiental, pelo excesso de nitrogênio excretado.

Atualmente, o preço da suplementação com os aminoácidos valina e isoleucina ainda onera os custos de produção. Mas, a exemplo do que ocorreu com outros aminoácidos, como lisina, metionina e treonina, as indústrias de nutrição têm mostrado

grande interesse nas pesquisas sobre a utilização destes produtos na otimização do desempenho dos suínos.

Vale ressaltar que em determinado momento, rações com um preço relativamente mais alto podem gerar maior rentabilidade por quilograma de carne produzida, em função do melhor desempenho dos suínos, cabendo, ao nutricionista tomar a decisão sobre quais aspectos tem efeito positivo na produção.

## VII- APÊNDICE

Tabela 1- Sumário das variáveis de desempenho usando o modelo descontínuo Linear Response Plateau (LRP) e o modelo quadrático para a redução do nível proteico com suplementação de aminoácidos essenciais em rações de leitões de 15 a 30 kg

	Combinação de pontos		SQD <sup>1</sup>	Intercepto	Linear	Platô
	Reta	Platô				
<u>Ganho diário de peso</u>						
LRP	3	2	0,0003	0,280	0,0233	0,611
Quadrático	-	-	0,0151	0,644	-	
<u>Conversão alimentar</u>						
LRP	3	2	0,0003	3,333	- 0,0882	2,028
Quadrático	-	-	0,1294	1,949		

<sup>1</sup> Soma de quadrado dos desvios

Tabela 2- Sumário do valor biológico da proteína dietética (VBPD) usando o modelo descontínuo Linear Response Plateau (LRP) e o modelo quadrático para a redução do nível proteico com suplementação de aminoácidos essenciais em rações de leitões de 15 a 30 kg

	Combinação de pontos		SQD <sup>1</sup>	Intercepto	Linear	Platô
	Reta	Platô				
<u>N retido/N absorvido (VBPD)</u>						
LRP	2	3	1,3851	161,6828	-38,1191	71,911
Quadrático	-	-	108,9436	70,6457	-	-

<sup>1</sup> Soma de quadrado dos desvios