

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ  
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**DEBORA CRISTIANE FREITAG**

**REDUÇÃO DE PROTEÍNA BRUTA EM RAÇÕES PARA SUÍNOS MACHOS  
CASTRADOS NA FASE INICIAL, SUBMETIDOS A DIFERENTES CONDIÇÕES  
TÉRMICAS**

**MARECHAL CÂNDIDO RONDON – PR**

**2012**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ**  
**CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**DEBORA CRISTIANE FREITAG**

**REDUÇÃO DE PROTEÍNA BRUTA EM RAÇÕES PARA SUÍNOS MACHOS**  
**CASTRADOS NA FASE INICIAL, SUBMETIDOS A DIFERENTES CONDIÇÕES**  
**TÉRMICAS**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação *strictu sensu* em Zootecnia, Área de Concentração “Produção e Nutrição Animal”, para a obtenção do título de “Mestra em Zootecnia”.

Orientador: Prof. Dr. Elcio Silvério Klosowski  
Coorientador: Prof. Dr. Paulo Cesar Pozza

**MARECHAL CÂNDIDO RONDON – PR**

**2012**

*Dedico*

*À minha família...*

*...Meus pais Darci e Neusa Freitag...*

*...meu irmão Darlon...*

*...Agradeço pelo apoio e amor incondicional  
Obrigada por sempre acreditarem em mim.  
Cada passo nessa caminhada foi uma conquista nossa!*

*Meu amor a todos vocês!*

## AGRADECIMENTOS

A Deus, que me iluminou e me deu forças nos momentos em que mais precisei para vencer os obstáculos surgidos durante este percurso.

Ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, pela oportunidade de concluir o Curso de Mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao professor Elcio Silvério Klosowski pela paciência, pelo conhecimento repassado, pelo caráter e pela amizade consolidada desde a graduação e ao longo do Curso de Pós-Graduação.

Agradeço aos professores da banca examinadora, Dr<sup>a</sup>. Eliane Gasparino, Dr. Cláudio Yuji Tsutsumi e Paulo Cesar Pozza pela atenção e contribuição dedicadas a este trabalho.

Agradeço de maneira especial aos meus pais Darci e Neusa Freitag, meu irmão Darlon Alex Freitag e meu namorado Dionizio Herpich, pelo apoio, incentivo e compreensão nos momentos de ausência.

Aos amigos, Aparecida da Costa Oliveira, Cleiton Pagliari Sangali e Daiane Kappes, pela presença em minha vida, força, amizade sincera e pela lealdade.

Aos colegas Marli Busanello, Marcelo Luis Somensi, Ricardo Araujo Castilho, Tatiane Fernandes e Leandro Dalcin Castilha, pela colaboração.

A todos os funcionários da Granja Samollé pelo apoio e esforço concedido na realização do experimento.

A todos os professores e funcionários do Centro de Ciências Agrárias da UNIOESTE, que de alguma forma contribuíram no desenvolvimento do trabalho.

***"Se enxerguei longe, foi porque me apoiei nos ombros de gigantes"***  
**(Isaac Newton)**

## RESUMO

Este trabalho teve por objetivo estudar a redução da proteína bruta de rações sobre o balanço de nitrogênio, parâmetros sanguíneos, fisiológicos e pH urinário de suínos machos castrados na fase inicial, em condição de estresse (28,77°C) e conforto térmico (18,13°C). Para o experimento foram utilizados 32 suínos machos castrados em fase inicial, com massa corporal média inicial de  $18,5 \pm 0,73$ kg. Os animais foram distribuídos em dois experimentos em duas condições de ambiente (estresse e conforto térmico) em um delineamento experimental de blocos com quatro níveis decrescentes de proteína bruta (20,5, 19,4, 18,3 e 17,2%) com quatro repetições, totalizando 16 parcelas em cada experimento. Cada parcela experimental constou de um animal, totalizando 32 animais. Os parâmetros analisados foram nitrogênio ingerido, excretado nas fezes e na urina, absorvido, retido, retido/absorvido, excreção total, utilização líquida de proteína (ULP), colesterol, triglicérides, glicose, uréia, creatinina no plasma sanguíneo, pH da urina, frequência respiratória, temperatura retal e corporal. Em condição de estresse térmico, a redução do teor de proteína bruta da ração diminuiu o nitrogênio excretado na urina, a excreção total e o triglicéride plasmático de suínos em crescimento. Para condição de conforto térmico os suínos em crescimento apresentaram maiores valores de nitrogênio ingerido, absorvido, retido, bem como, de uréia plasmática. A superfície de resposta para temperatura retal, temperatura corporal e frequência respiratória aumentaram em função do ITGU e diferentes horários de observação, sendo mais evidente em condição de conforto térmico.

**Palavras-chave:** bioclimatologia, frequência respiratória, parâmetros sanguíneos, temperatura retal, metabolismo de nitrogênio

## **ABSTRACT**

This study aimed to evaluate the reduction of crude protein ration on nitrogen balance, blood parameters, and physiological urinary pH of barrows in the initial phase in stress condition (28,77 °C) and thermal comfort (18,13 °C). For the experiment we used 32 barrows in the initial phase, with initial mean body mass of  $18,5 \pm 0,73$  kg. The animals were divided into two experiments in two environmental conditions (stress and thermal comfort) in a randomized complete block with four decreasing levels of crude protein (20,5; 19,4; 18,3 and 17,2%) with four replications, totaling 16 plots in each experiment. Each plot consisted of an animal, totaling 32 animals. The parameters analyzed were ingested nitrogen, excreted in feces and urine, absorbed, retained, retained/absorbed, total excretion, net protein utilization (ULP), cholesterol, triglycerides, glucose, urea, creatinine in blood plasma, urine pH, respiratory rate, rectal temperature and body. In heat stress condition, reducing the crude protein content of the diet decreased the nitrogen excreted in the urine, the total excretion and plasma triglyceride in growing pigs. For thermal comfort condition in growing pigs had higher nitrogen ingested, absorbed, retained and, of plasma urea. The response surface for rectal temperature, body temperature and respiratory rate increased, in function to ITGU and different times of observation, being more evident in thermal comfort condition.

**Key-words:** bioclimatology, respiratory rate, blood parameters, rectal temperature, nitrogen metabolism

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 Superfícies de resposta para temperatura da superfície corporal em função de ITGU e horários de observação em condição de estresse (A) e conforto (B) térmico.....28
- Figura 2 Superfícies de resposta para temperatura retal em função de ITGU e horários de observação em condição de estresse (A) e conforto (B) térmico.....32
- Figura 3 Superfícies de resposta para frequência respiratória em função de ITGU e horários de observação em condição de estresse (A) e conforto (B) térmico.....35



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Composição centesimal das rações experimentais, na matéria natural.....	28
Tabela 2	Efeito da proteína bruta sobre o balanço de nitrogênio em suínos machos castrados em fase inicial em condições de estresse térmico.....	32
Tabela 3	Efeito da proteína bruta sobre os parâmetros sanguíneos em suínos machos castrados em fase inicial em condições de estresse térmico.....	35
Tabela 4	Efeito da proteína bruta sobre o balanço de nitrogênio em suínos machos castrados em fase inicial em condições de conforto térmico.....	36
Tabela 5	Efeito da proteína bruta sobre os parâmetros sanguíneos em suínos machos castrados em fase inicial em condições de conforto térmico.....	47

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	14
2.1 Produção de suínos no Brasil e no mundo.....	14
2.2 Estresse térmico em suínos na fase de crescimento.....	14
2.3 Redução da proteína bruta em rações para suínos.....	16
2.4 Parâmetros sanguíneos e a redução da proteína bruta.....	18
2.5 Referências.....	19
3 REDUÇÃO DE PROTEÍNA BRUTA SOBRE O BALANÇO DE NITROGÊNIO, PARÂMETROS SANGUÍNEOS E FISIOLÓGICOS EM SUÍNOS MACHOS CASTRADOS EM FASE INICIAL, SUBMETIDOS A DIFERENTES CONDIÇÕES TÉRMICAS.....	24
RESUMO.....	24
ABSTRACT.....	25
3.1 Introdução.....	26
3.2 Material e métodos.....	27
3.2.1 Local, período experimental e clima.....	27
3.2.2 Condução do experimento.....	27
3.2.3 Coletas de fezes, urina e sangue .....	30
3.2.4 Variáveis analisadas.....	31
3.2.5 Parâmetros fisiológicos.....	31
3.2.6 Procedimentos estatísticos.....	32
3.3 Resultados e discussão.....	33
3.3.1 Balanço de nitrogênio, parâmetros sanguíneos e pH da urina em suínos na fase inicial submetidos a rações com diferentes níveis de proteína bruta, em condição de estresse térmico.....	33
3.3.2 Balanço de nitrogênio, parâmetros sanguíneos e pH da urina em suínos na fase inicial submetidos a rações com diferentes níveis de proteína bruta, em condição de conforto térmico.....	36
3.3.3 Parâmetros fisiológicos de suínos na fase inicial submetidos a rações com diferentes níveis de proteína bruta, em condição de conforto e estresse térmico.....	38

3.4 Conclusão.....	42
3.5 Referências bibliográficas.....	42

## 1. INTRODUÇÃO

A suinocultura mundial vem experimentando intenso melhoramento genético, selecionando e produzindo suínos de elevado potencial de crescimento, eficiência alimentar e composição de carcaça. Tais melhorias se associam à modificação de características fisiológicas, dependentes do aporte de nutrientes nos processos de síntese, envolvidos no crescimento (TRINDADE NETO et al., 2008).

As exigências nutricionais dos suínos devem ser estabelecidas para as diferentes fases de desenvolvimento e também para os diferentes ambientes aos quais são submetidos, uma vez que o ambiente térmico pode influenciar o consumo voluntário e o ganho de peso (SCHENCK et al., 1992).

Suínos toleram altos níveis de proteína na ração, no entanto, além dos maiores custos de produção, essa prática contribui para maior produção metabólica de calor, redução na eficiência produtiva dos animais e poluição ambiental.

Em situações de altas temperaturas ambientais, como na maioria das regiões brasileiras no período de verão, a redução do conteúdo protéico da ração pode ser uma alternativa viável, uma vez que as proteínas da dieta possuem alto incremento calórico (NOBLET et al., 1994). Na formulação de rações à base de milho e farelo de soja, normalmente ocorre excesso de aminoácidos, que serão catabolizados produzindo quantidade significativa de calor metabólico. Em trabalho realizado com redução de PB na ração, Kerr et al. (2003) verificaram que a produção de calor em suínos alimentados com dieta contendo 12% de PB suplementada com aminoácidos industriais foi menor que em suínos alimentados com dieta contendo 16% de PB. Pfeiffer et al. (1995) verificaram maior volume de urina e produção de dejetos quando os suínos foram alimentados com rações contendo níveis elevados de proteína.

Os suínos, quando submetidos a temperaturas ambientais efetivas acima da zona de conforto térmico, apresentam mecanismos comportamentais, físicos e químicos para redução das taxas metabólicas e, conseqüentemente, da produção de calor. A mudança no metabolismo ocasiona um desvio de nutrientes disponíveis para produção, reduzindo a taxa e a eficiência de sua utilização para o crescimento corporal, modificando a exigência nutricional dos animais (ORLANDO, 2001; VAZ, 2005; FERREIRA, 2006;).

Deste modo, o aumento da eficiência na produção de suínos, entre outros fatores, é obtido em condições desejáveis de alojamento e ambiente térmico. Considerar a interação entre níveis de alimentação e condições térmicas é importante, uma vez que esta pode comprometer a energia disponível para produção e os ganhos energéticos podem ser reduzidos (VERSTEGEN e DE GREEF, 1992).

Desta forma, este trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos da redução na proteína bruta da ração com suplementação de aminoácidos industriais sobre os parâmetros sanguíneos, fisiológicos e o balanço de nitrogênio de suínos machos castrados em fase inicial de crescimento, submetidos a condições de conforto e estresse térmico.

## **2 Revisão de Literatura**

### **2.1 Produção de suínos no Brasil e no mundo**

A carne suína é a fonte de proteína mais produzida e consumida no mundo, sendo responsável por 40,41% da oferta de carnes no mercado mundial, embora seu consumo varie amplamente de lugar para lugar, em função de hábitos, proibições religiosas ou dogmáticas. A China está no topo dos países produtores, seguida por União Européia, Estados Unidos e Brasil. No Brasil, em 2010 foram exportadas aproximadamente 625 mil toneladas e os maiores clientes foram Japão, Rússia, México e Estados Unidos. Os estados brasileiros que mais exportaram carne suína em 2010 foram o Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná e São Paulo (ABIPECS, 2011).

Desse modo, a suinocultura brasileira tem desempenhado importante papel no mercado mundial, principalmente em função dos problemas sanitários ocorridos em outros grandes países produtores e exportadores de carne. Com o objetivo de continuamente atender à demanda, a produtividade dos sistemas de criação nacionais tem aumentado, sobretudo com o advento de novas tecnologias e com os conhecimentos aprofundados sobre nutrição, fisiologia e sanidade dos suínos.

Entretanto, por ser um país tropical, caracterizado por temperaturas altas, prejudiciais à criação de suínos, o ambiente térmico brasileiro é determinante sobre o sistema produtivo e, muitas vezes, é responsável pelo desenvolvimento subótimo do plantel (MANNO et al., 2006). Novas pesquisas têm sido desenvolvidas no intuito de se avaliar a intensidade com que o ambiente térmico prejudica o desempenho dos animais.

### **2.2 Estresse térmico em suínos na fase de crescimento**

Os suínos, como animais homeotérmicos, podem apresentar seu máximo potencial genético quando em ambiente térmico confortável. A zona de conforto térmico compreende a faixa de temperatura ambiente efetiva, na qual o calor produzido durante os processos de manutenção e produção é igual ao calor perdido para o ambiente térmico, sem aumento da produção de calor metabólico. A zona de conforto térmico é dependente de diversos fatores, alguns ligados ao animal, como: peso, idade, estado fisiológico, tamanho do grupo, nível de alimentação e genética; e outros ligados ao ambiente como: temperatura, velocidade do vento, umidade relativa, tipo de piso e energia radiante (HANNAS, 1999).

Assim, suínos em crescimento e terminação são particularmente suscetíveis à alta temperatura, em razão de sua temperatura crítica baixa (BLACK et al., 1999). Quando expostos à alta temperatura ambiental, a capacidade desses animais em dissipar calor para o ambiente é limitada, o que torna a redução da ingestão de alimentos um dos mecanismos para diminuir a quantidade de calor a ser dissipado (FERGUSON e GOUS, 1997; QUINIOU et al., 2000b).

Por outro lado, a alimentação representa grande parte do custo total de produção e a proteína é o nutriente mais oneroso das rações de suínos no Brasil. Do ponto de vista prático, é importante estabelecer níveis adequados de proteína para cada fase do ciclo de produção. Em condições de baixa temperatura, o aumento do consumo de alimentos é um recurso que o animal utiliza para elevar a produção de calor metabólico e manter a homeotermia (FIALHO e CLINE, 1994).

Para adequar as necessidades nutricionais dos animais é importante considerar as condições do ambiente. O aumento da eficiência na produção de suínos, entre outros fatores, é obtido em condições desejáveis de alojamento e ambiente térmico. Considerar a interação entre níveis de alimentação e condições térmicas é importante, uma vez que esta pode comprometer a energia disponível para produção e os ganhos energéticos podem ser modificados (VERSTEGEN e DE GREEF, 1992).

A temperatura ambiente pode influenciar, além do desempenho, a capacidade de ganho. Tem-se verificado que tanto a temperatura ambiente quanto os níveis de proteína da dieta alteram a taxa de deposição diária de gordura e proteína na carcaça dos suínos (FERGUSON e GOUS, 1997). Os níveis inadequados de proteína, além de aumentarem a produção de calor, podem influenciar as necessidades de manutenção dos animais em razão, principalmente, do aumento da perda de nitrogênio na urina, como consequência do desvio metabólico no ciclo da uréia.

Os vários segmentos da cadeia produtiva têm aprimorado os processos de produção. No segmento de nutrição animal, pesquisadores têm estudado a adaptação de dietas para climas quentes, pois, há algum tempo, as dietas eram formuladas com base nas exigências descritas pelo NRC (1998). Entretanto, nos últimos anos, vários trabalhos publicados (OLIVEIRA et al., 1997a,b; TAVARES et al., 2000; ORLANDO et al., 2001; FERREIRA, 2006) têm abordado as exigências nutricionais de suínos em condições de ambiente térmico brasileiras.

Portanto, as alternativas para minimizar os efeitos do ambiente quente sobre a produção de suínos estão relacionadas ao uso de técnicas de manejo, modificações

ambientais, seleção de linhagens mais adaptadas ao clima e uso de técnicas nutricionais, principalmente adicionando aminoácidos sintéticos à dieta em substituição à proteína bruta (FIALHO et al., 2001).

### **2.3 Redução da proteína bruta em rações para suínos**

As proteínas são os principais constituintes do organismo, contribuindo entre a metade a três quartos da massa corporal do animal em base seca (GUYTON e HALL, 1996). Ao mesmo tempo, representam aproximadamente 18% da massa corporal dos animais adultos (BEITZ, 1996).

As proteínas são formadas por aminoácidos, sendo que o número e a sequência destes, determinam diferentes proteínas. Aminoácidos livres ou conjugados na circulação possuem rotas alternativas específicas, sendo que as duas rotas metabólicas mais importantes são a transaminação e desaminação oxidativa. Na primeira o grupamento amino ( $\text{NH}_3$ ) é transferido para um alfa-cetoácido através de uma transaminase (GUYTON e HALL, 1996).

No entanto, nem todos os aminoácidos sofrem transaminação, como é o caso da lisina, treonina, prolina e hidroxiprolina, contribuindo assim para a sua condição de essencialidade. No caso da desaminação oxidativa o processo é catabolizado por enzimas oxidases. Neste processo o aminoácido é oxidado no ponto em que se situa o grupamento amino, provocando a liberação deste. Assim, aminoácidos desaminados podem seguir o metabolismo da glicose e dos ácidos graxos, gerando energia (GUYTON e HALL, 1996).

Assim, as rações utilizadas pelos criadores de suínos no Brasil, à base de milho e farelo de soja, formuladas para atender à exigência dos animais em lisina, contêm quantidades excessivas de outros aminoácidos, resultando em rações com nível protéico acima das necessidades. As rações desbalanceadas, ou com excesso de aminoácidos, representam uma fonte onerosa de energia metabolizável e um problema ambiental, devido à excessiva excreção de nitrogênio nos dejetos dos suínos (PARSONS et al., 1994).

O suíno tolera altos níveis de proteína na ração, porém, adicionalmente ao acréscimo no custo de produção, a elevada concentração dietética de proteína tem implicações negativas na produtividade e no meio ambiente. A substituição da proteína dietética pela suplementação de aminoácidos essenciais pode reduzir o impacto ambiental, e as quantidades adicionais de cloro (Cl) fornecidas pela lisina-HCl podem exercer efeito mínimo sobre o equilíbrio ácido-base do organismo e, conseqüentemente, sobre o desempenho dos animais. Porém, segundo Patience (1990), outros aminoácidos como treonina e triptofano, quando adicionados em



grandes quantidades às rações, podem propiciar dietas acidogênicas, com efeitos negativos sobre o desempenho. Nesse caso, a correção do equilíbrio ácido-base torna-se imprescindível para garantir a produtividade dos animais. De acordo com Leibach e Ganapathy (1996), a absorção de aminoácidos pelas células da mucosa intestinal ocorre principalmente na forma de di e tripeptídios. Assim, a reduzida quantidade de aminoácidos ligados à proteína em dietas contendo baixo teor protéico poderia contribuir para piorar o desempenho dos animais (OTTO et al., 2003).

O aumento da concentração de proteína da ração ocasiona o aumento da excreção de nitrogênio, uma maneira de reduzir essa excreção é diminuir a concentração de proteína da ração suplementando-a com aminoácidos para atender as demandas para a síntese protéica, assegurando maior eficiência na utilização dos nutrientes e produtividade dos suínos (ANDRIGUETO et al., 1983). Entretanto, de acordo com Figueroa et al (2000), a redução drástica do nível de proteína bruta na ração para suínos em crescimento pode reduzir o desempenho devido ao menor aporte de aminoácidos não essenciais.

Diversos pesquisadores (LOPEZ et al., 1994; TUITOEK et al., 1997; LIU et al., 1999) constataram que a redução de 2 a 3% no teor de PB em dietas com inclusão de aminoácidos industriais não reduz o desempenho de suínos em crescimento e terminação. Entretanto, quando a concentração de proteína é reduzida por mais de três unidades percentuais, a eficiência alimentar e o ganho de peso dos animais são reduzidos (TUITOEK et al., 1997; LIU et al., 1999).

Considerando que dietas com menor teor de proteína apresentam baixo incremento calórico, sua utilização em ambiente de alta temperatura poderia, então, amenizar as consequências do estresse por calor na ingestão voluntária de alimentos pelos suínos (QUINIOU et al., 2000a). Estudos têm evidenciado que a digestão de proteína aumenta a produção de calor do animal (LE BELLEGO et al., 2001) e que a redução do incremento calórico tem resultado em melhora no desempenho de suínos expostos a alta temperatura (STAHLY et al., 1979a; STAHLY e CROMWELL, 1979b).

Em estudo para avaliar os efeitos da redução de proteína em dietas para suínos mantidos em ambiente de alta temperatura, Stahly et al. (1991) verificaram que, nos animais alimentados com dietas com alto teor de PB (19,8%), o ganho de peso foi menor que naqueles alimentados com dietas com baixo teor de PB (16%) suplementadas com L-lisina-HCl. No entanto, Myer et al. (1998), em estudo com suínos na fase dos 29 aos 112 kg, relataram que o aumento da densidade da dieta via suplementação de aminoácidos piorou o desempenho dos

animais no verão (21 a 32°C). Há trabalhos comprovando que o nível de proteína de dietas para suínos pode ser significativamente reduzido pela suplementação com aminoácidos industriais, contudo, não há consenso quanto ao nível dessa redução.

#### **2.4 Parâmetros sanguíneos e a redução da proteína bruta**

As proteínas são macromoléculas, fontes de aminoácidos, componentes essenciais de todas as dietas animais (LEHNINGER et al., 1995). Segundo Cunningham (2004), as proteínas são quebradas em peptídeos de cadeia curta pela digestão luminal. A digestão subsequente do peptídeo a aminoácidos individuais ocorre principalmente pela digestão na fase de membrana. Assim, uma porção de monômeros livres, isto é, aminoácidos são liberados na fase luminal.

Os aminoácidos derivados das proteínas dos alimentos são as fontes da maioria dos grupos amino. A maior parte dos aminoácidos é metabolizada no fígado. Parte da amônia assim gerada é reciclada e empregada em uma grande variedade de processos biossintéticos. Dependendo do organismo, o excesso é excretado diretamente ou convertido em uréia ou ácido úrico para excreção (LEHNINGER et al., 1995).

Como os mamíferos têm capacidade limitada para armazenar aminoácidos, todo o excesso ingerido é deaminado e o grupo amina usado para sintetizar uréia nos hepatócitos. Assim sendo, a concentração de uréia no sangue pode ser utilizada para avaliar a qualidade da proteína consumida (COMA et al., 1995a,b; WEI e ZIMMERMAN, 2003).

Ao se trabalhar com formulações de rações levando-se em conta o balanço correto dos aminoácidos, e muitas vezes reduzindo-se a quantidade de proteína bruta da dieta pela adição de aminoácidos industriais, ocorre uma minimização dos efeitos ambientais dos níveis de nitrogênio excretados na urina. Segundo Moreira et al. (2001), o nitrogênio dos dejetos dos suínos é resultado da desaminação dos aminoácidos não utilizados para a síntese protéica, quando há excesso ou desbalanço de aminoácidos nas rações.

Segundo Coma et al. (1995b), o nitrogênio da uréia plasmática pode ser utilizado como um indicador da máxima utilização de aminoácidos, dentre eles a lisina, podendo assim ser alcançado um maior equilíbrio no balanço de nitrogênio. Assim, o aumento do nitrogênio na uréia plasmática pode indicar ineficiência na utilização de aminoácidos (GASPAROTTO et al., 2001).

O metabólito creatinina também pode ser utilizado como indicador da qualidade nutricional da dieta. A creatinina origina-se da fosfocreatina a partir de uma reação irreversível que ocorre nos músculos. Sua concentração plasmática é um bom preditor do

potencial genético de deposição de carne magra em suínos (CAMERON et al., 2003). Assim, o teor de creatinina pode ser usado como indicador da qualidade de proteína, pois o aumento do catabolismo muscular eleva as concentrações de creatinina sanguínea (OLIVEIRA, 2004).

A mensuração de metabólitos como ferramenta de avaliação nutricional pode ser intensificada, uma vez que a determinação é relativamente simples e econômica. Além disso, a mensuração de metabólitos sanguíneos permite um entendimento mais completo do metabolismo animal, o que é essencial do ponto de vista prático e científico.

## 2.5 Referências

- ABIPECS. **Associação Brasileira da Indústria Produtora e Exportadora da Carne Suína**. Disponível em: < <http://www.abipecs.org.br>>, acessado em 07/12/2011.
- ANDRIGUETTO, J. M. et al. **Nutrição Animal**. 2ª ed. São Paulo: Nobel, 1983. 425 p.
- BEITZ, D.C. Metabolismo de proteínas e aminoácidos. In: SWENSON, M.V.; REECE, W.O; DUKES. - **Fisiologia dos animais domésticos**. Ed.11, Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p. 430-446, 1996.
- BLACK, J.L.; BRAY, H.J.; GILES, L.R. The thermal and infectious environment. In: KYRIAZAKIS, I. **A quantitative biology of the pig**. Wallingford: CAB International, p.71-97, 1999.
- 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, p.27-34, 2003.
- COMA, J.; CARRION, D.; ZIMMERMAN, D.R. Use of plasma urea nitrogen as a rapid response criterion to determine the lysine requirement of pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.73, p.472-481, 1995a.
- COMA, J.; ZIMMERMAN, D.R.; CARRION, D. Relationship of rate lean tissue growth and other factors to concentration of urea in plasma of pigs. **Journal of Animal Science**. Champaign, v.73, p.3649-3656, 1995b.
- CUNNINGHAM, J.G. **Tratado de Fisiologia Veterinária**. Ed.3. Rio de Janeiro, RJ: Guanabara/Koogan, 2004, 579p.
- FERGUSON, N.S.; GOUS, R.M. The influence of heat production on voluntary food intake in growing pigs given protein-deficient diets. **Animal Science**, v.64, p.365-378, 1997.
- 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.

- FIALHO, E.T.; OST, P.R.; OLIVEIRA, V. [2001]. Interações ambiente e nutrição – estratégias nutricionais para ambientes quentes e seus efeitos sobre o desempenho e características de carcaça de suínos. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL VIRTUAL SOBRE QUALIDADE DE CARNE SUÍNA, 2., **Anais**. 2001. Disponível em: <<http://www.cnpsa.embrapa.br>. Acesso em: 01/12/02.
- FIALHO, E.T.; CLINE, T.R. Influence of environmental temperature and dietary protein levels on apparent digestibility of protein and amino acids and energy balance in growing pigs. In: VERSTEGEN, M.W.A., HUISMAN, J., HARTOG, L.A. (Eds.) **Digestive physiology in pigs**. Wageningen: Pudoc, p.132-138, 1994.
- FIGUEROA, J. L.; LEWIS, A. J.; MILLER, P. S. Nitrogen balance and growth trials with pigs fed low-crude protein, amino acid supplemented diets. **Nebraska Swine Report**, Lincoln, p. 26-28, 2000.
- GASPAROTTO, L.F.; MOREIRA, I.; FURLAN, A.C.; MARTINS, E.N.; MARCOS JÚNIOR, M. Exigência de lisina, com base no conceito de proteína ideal, para suínos machos castrados de dois grupos genéticos, na fase de crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.30, p.1742-1749, 2001.
- GUYTON, A.C.; HALL, J.E. **Textbook of medical physiology**. ed. 9, Philadelphia: H. Brace, p.877-882, 1996.
- HANNAS, M.I. Aspectos fisiológicos e a produção de suínos em clima quente In: SILVA, I.J.O. (Ed.) **Ambiência e qualidade na produção industrial de suínos**. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários "Luiz de Queiroz", p.1-33, 1999.
- 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 heat production of growing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.81, p.1998-2007, 2003.
- LEHNINGER, A.L.; NELSON, D.L.; COX, M.M. **Princípios de Bioquímica**. 2a Ed. São Paulo, SP: Sarvier, 1995, 839p.
- LE BELLEGO, L.; VAN MILGEN, J.; DUBOIS, S. et al. Energy utilization of low-protein diets in growing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.79, p.1259-1271, 2001.
- LEIBACH, F.H.; GANAPATHY, V. Peptide transporters in the intestine and the kidney. **Annual Review Nutrition**, Palo Alto, v.16, p.99-119, 1996.
- LOPEZ, J.; GOODBAND, R.D.; ALLEE, G.L. et al. The effects of diets formulated on an ideal protein basis on growth performance, carcass characteristics, and thermal balance of finishing gilts housed in a hot, diurnal environment. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.72, p.367-379, 1994.
- LIU, H.; ALEE, G.L.; BERKEMEYER, J.J. et al. Effect of reducing protein levels and adding amino acids on growth performance and carcass characteristics of finishing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.77 (Suppl. 2), p.69 (Abstr.), 1999.

- MANNO, M.C.; OLIVEIRA, R.F.M.; DONZELE, J.L. et al. Efeitos da temperatura ambiente sobre o desempenho de suínos dos 30 aos 60 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.35, n.2, p.471-477, 2006.
- MOREIRA, I.; KUTSCHENKO, M.; FURLAN, A.C. et al. Exigência de lisina para suínos em crescimento, alimentados com baixo teor de proteína, baseado no conceito de proteína ideal. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: SBZ, 2001. p.770-771.
- MYER, R.O.; BUCKLIN, R.A.; FIALHO, F.B. Effect of increased dietary lysine (protein) level on performance and carcass characteristics of growing-finishing pigs reared in a hot, humid environment. **Transactions of the ASAE**, v.41, p.447-452, 1998.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of swine**. 10.ed. Washington, D.C.:189p, 1998.
- NOBLET, J.; FORTUNE, H.; SHI, X.S. et al. Prediction of net energy value of feeds for growing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.72, p.344-354, 1994.
- OLIVEIRA, V. **Influência de rações com baixos teores de proteína bruta no balanço de nitrogênio e retenção tecidual em suínos em crescimento**. 2004. 98 p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.
- OLIVEIRA, R.F.M.; DONZELE, J.L.; FREITAS, R.T.F. et al. Avaliação de níveis de energia digestível para leitoas dos 15 aos 30 kg mantidas em ambiente de alta temperatura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.27, p.744-752, 1997a.
- OLIVEIRA, R.F.M.; DONZELE, J.L.; FREITAS, R.T.F. et al. Efeito da temperatura sobre o desempenho e sobre os parâmetros fisiológicos e hormonal de leitões consumindo dietas com diferentes níveis de energia digestível. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.27, p.1173-1182, 1997b.
- ORLANDO, U.A.D.; OLIVEIRA, R.F.M.; DONZELE, J.L. et al. Nível de proteína bruta para leitoas dos 30 aos 60 kg mantidas em ambiente de alta temperatura (31°C). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.30, p.1536-1543, 2001.
- OTTO, E.R.; YOKOYAMA, M.; KU, P.K. et al. Nitrogen balance and ideal amino acid digestibility in growing pigs fed diets reduced in protein concentration. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.81, p.1743-1753, 2003.
- PATIENCE, J. F. A review of the role of acid-base balance in amino acid nutrition. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 68, n. 2, p. 398-408, 1990.
- PARSONS, C. M.; BAKER, D. H. The concept and use of ideal proteins in the feeding of no ruminants. In: **Simpósio Internacional de não Ruminantes**, Maringá, Paraná: SBZ, 1994. p. 119-128.

- PFEIFFER, A.; HENKEL, H.; VERSTEGEN, M.W.A.; PHILIPCZYK, I. The influence of protein intake on water balance, flow rate and apparent digestibility of nutrients at the distal ileum in growing pigs. **Livestock Production Science**, v.44, p.179-187, 1995.
- QUINIOU, N.J.; DUBOIS, S.; NOBLET, J. Voluntary feed intake and feeding behavior of group-housed growing pigs are affected by ambient temperature and body weight. **Livestock Production Science**, v.63, p.245-253, 2000a.
- QUINIOU, N.J.; NOBLET, J.; van MILGEN, J. et al. Modeling heat production and energy balance in group-housed growing pigs exposed to low or high environmental temperatures. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v.84, p.97-106, 2000b.
- SCHENCK, B.C.; STAHLY, T.S.; CROMWELL, G.L. Interactive effects of thermal environment and dietary amino acid and fat levels on rate and efficiency of growth of pigs housed in a conventional nursery. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.70, p.3803-3811, 1992.
- STAHLY, T.S.; CROMWELL, G.L. Effect of environmental temperature and dietary fat supplementation on their performance and carcass characteristics of growing and finishing swine. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.49, p.1478-1488, 1979a.
- STAHLY, T.S.; CROMWELL, G.L.; AVIOTTI, M.P. The effect of environmental temperature and dietary lysine source and level on the performance and carcass characteristics of growing swine. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.49, p.1242-1251, 1979b.
- STAHLY, T.S.; CROMWELL, G.L.; ROBE, G.R. Influence of thermal environment and dietary protein regimen on the responses of pigs to ractopamine. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.69 (Supl. 1), p.121 (Abstr.), 1991.
- TAVARES, S.L.S.; DONZELE, J.L.; OLIVEIRA, R.F.M. et al. Influência da temperatura ambiente sobre o desempenho e parâmetros fisiológicos de suínos machos castrados dos 30 aos 60 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.29, p.199-205, 2000.
- TRINDADE NETO, M. A. da; MOREIRA, J.A.; BERTO, D.A. et al. Níveis de proteína bruta em dietas comerciais para suínos em crescimento e terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.37, n.1, p.103-108, 2008.
- TUITOEK, K.; YOUNG, L.G.; LANGE, C.F.M. et al. The effect of reducing excess dietary amino acids on growing-finishing pig performance: evaluation of the ideal protein concept. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.75, p.1575-1583, 1997.
- VERSTEGEN, M.W.A.; DE GREEF, K.H. Influence of environmental temperature on protein and energy metabolism in pig production. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE NÃO RUMINANTES, 1992, Lavras. **Anais...** Lavras: Sociedade Brasileira de Zootecnia, p.333, 1992.

VAZ, R.G.M.V.; OLIVEIRA, R.F.M.; DONZELA, J.L.; et al. Exigência de aminoácidos sulfurados digestíveis para suínos machos castrados mantidos em ambiente termoneutro dos 15 aos 30 kg. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.57, n.3, p.345-352, 2005.

WEI, R.; ZIMMERMAN, D.R. An evaluation of the NRC (1998) growth model in estimating lysine requirements of barrows with a lean growth rate of 348 g/d. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.81, p.1772-1780, 2003.

### **3. REDUÇÃO DE PROTEÍNA BRUTA SOBRE O BALANÇO DE NITROGÊNIO, PARÂMETROS SANGUÍNEOS E FISIOLÓGICOS EM SUÍNOS MACHOS CASTRADOS EM FASE INICIAL, SUBMETIDOS A DIFERENTES CONDIÇÕES TÉRMICAS**

**Resumo:** Este trabalho teve por objetivo estudar a redução da proteína bruta de rações sobre o balanço de nitrogênio, parâmetros sanguíneos, fisiológicos e pH urinário de suínos machos castrados na fase inicial, em condição de estresse (28,77°C) e conforto térmico (18,13°C). Para o experimento foram utilizados 32 suínos machos castrados em fase inicial, com massa corporal média inicial de  $18,5 \pm 0,73$ kg. Os animais foram distribuídos em dois experimentos em duas condições de ambiente (estresse e conforto térmico) em um delineamento experimental de blocos com quatro níveis decrescentes de proteína bruta (20,5, 19,4, 18,3 e 17,2%) com quatro repetições, totalizando 16 parcelas em cada experimento. Cada parcela experimental constou de um animal, totalizando 32 animais. Os parâmetros analisados foram nitrogênio ingerido, excretado nas fezes e na urina, absorvido, retido, retido/absorvido, excreção total, utilização líquida de proteína (ULP), colesterol, triglicerídeos, glicose, uréia, creatinina no plasma sanguíneo, pH da urina, frequência respiratória, temperatura retal e corporal. Em condição de estresse térmico, a redução do teor de proteína bruta da ração diminuiu o nitrogênio excretado na urina, a excreção total e o triglicerídeo plasmático de suínos em crescimento. Para condição de conforto térmico os suínos em crescimento apresentaram maiores valores de nitrogênio ingerido, absorvido, retido, bem como, de uréia plasmática. A superfície de resposta para temperatura retal, temperatura corporal e frequência respiratória aumentaram em função do ITGU e diferentes horários de observação, sendo mais evidente em condição de conforto térmico.

**Palavras-chave:** bioclimatologia, frequência respiratória, parâmetros sanguíneos, temperatura retal, metabolismo de nitrogênio



### **3. REDUCTION OF CRUDE PROTEIN ON NITROGEN BALANCE, BLOOD PARAMETERS AND PHYSIOLOGIC IN BARROWS THE INITIAL PHASE, SUBMITTED TO DIFFERENT THERMAL CONDITIONS**

**Abstract:** This study aimed to evaluate the reduction of crude protein ration on nitrogen balance, blood parameters, and physiological urinary pH of barrows in the initial phase in stress condition (28,77 °C) and thermal comfort (18,13 °C). For the experiment we used 32 barrows in the initial phase, with initial mean body mass of  $18,5 \pm 0,73$  kg. The animals were divided into two experiments in two environmental conditions (stress and thermal comfort) in a randomized complete block with four decreasing levels of crude protein (20,5; 19,4; 18,3 and 17,2%) with four replications, totaling 16 plots in each experiment. Each plot consisted of an animal, totaling 32 animals. The parameters analyzed were ingested nitrogen, excreted in feces and urine, absorbed, retained, retained/absorbed, total excretion, net protein utilization (ULP), cholesterol, triglycerides, glucose, urea, creatinine in blood plasma, urine pH, respiratory rate, rectal temperature and body. In heat stress condition, reducing the crude protein content of the diet decreased the nitrogen excreted in the urine, the total excretion and plasma triglyceride in growing pigs. For thermal comfort condition in growing pigs had higher nitrogen ingested, absorbed, retained and, of plasma urea. The response surface for rectal temperature, body temperature and respiratory rate increased, in function to ITGU and different times of observation, being more evident in thermal comfort condition.

**Key-words:** bioclimatology, blood parameters, respiratory rate, rectal temperature, nitrogen metabolism

### 3.1 Introdução

O nitrogênio dos dejetos de suínos pode ser transformado em nitrato e lixiviado para águas subterrâneas. Além disso, uma parcela considerável do N dos dejetos é liberada como amônia, substância volátil que exerce efeitos nocivos na saúde e desempenho dos suínos e homens (SCHIFFMAN, 1998). Uma das maneiras de reduzir a quantidade de nitrogênio dos dejetos é diminuir o excesso de PB das rações e ajustar o perfil dos aminoácidos à exigência dos animais. Vários autores têm confirmado que o desempenho obtido com rações contendo baixos teores de PB é semelhante àquele alcançado com suínos alimentados com dietas convencionais, desde que não haja deficiência de aminoácidos (TUITOEK et al., 1997; LE BELLEGO e NOBLET, 2002).

Para evitar deficiências de aminoácidos essenciais é necessário que se faça adição de aminoácidos industriais podendo, desta forma, reduzir as perdas de nitrogênio. Essa hipótese foi confirmada por vários autores, contudo, na maior parte desses estudos o teor mínimo de proteína usado esteve próximo a 14% , teor abaixo do qual uma ração com milho e farelo de soja, destinada a suínos em fase de crescimento, apresenta em suas composições. Em alguns experimentos não houve redução do nitrogênio retido (LE BELLEGO et al., 2001), em outros a retenção foi inferior nas rações menos proteicas, mesmo quando ajustadas para atender as exigências de aminoácidos (KERR e EASTER, 1995a).

Segundo Ferreira et al. (1998), em ambientes de temperatura elevada ou em épocas quentes do ano, a redução da proteína bruta da ração com suplementação adequada de aminoácidos industriais pode ser uma alternativa interessante, particularmente porque as proteínas do alimento possuem alto incremento calórico. Devido a redução da proteína, o balanço eletrolítico (BE) das rações fica em torno de 130 mEq/kg, fato que ocorre pelo acréscimo de aminoácidos industriais.

O estudo e a correção dos valores de BE das rações fornecidas aos suínos devem ser feitos, de modo a garantir a expressão do potencial genético dos animais. O BE é definido como o equilíbrio iônico dos fluidos orgânicos que regulam o balanço ácido-básico para manutenção da homeostase orgânica. Os três principais íons envolvidos nos processos metabólicos são os cátions sódio (Na<sup>+</sup>) e potássio (K<sup>+</sup>), e o ânion cloro (Cl<sup>-</sup>), em razão da absorção desses íons serem superior a dos demais como referenciado por Ferreira (2005).

A manutenção do equilíbrio ácido-básico tem grande importância fisiológica e bioquímica, visto que as atividades das enzimas celulares, as trocas eletrolíticas e a

manutenção do estado estrutural das proteínas dos organismos são profundamente influenciadas por pequenas alterações no pH sanguíneo (MACARI et al., 1994).

Desta forma, objetivou-se com este trabalho estudar a redução da proteína bruta de rações sobre o balanço de nitrogênio, parâmetros sanguíneos, fisiológicos e urinários de suínos machos castrados em fase inicial de crescimento, em condições de estresse e conforto térmico.

## **3.2 Material e métodos**

### **3.2.1 Local, período experimental e clima**

O experimento foi realizado no Laboratório de Fisiologia e Metabolismo de Aves da Fazenda Experimental Prof. Dr. Antônio Carlos dos Santos Pessoa, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, localizada na Linha Guará no Município de Marechal Cândido Rondon, Estado do Paraná que se encontra a 24°33'33'' de latitude Sul, 54° 08' 18'' de longitude Oeste e em uma altitude média de 420 metros.

O clima local, segundo KÖPPEN, é do tipo Cfa, subtropical com chuvas bem distribuídas durante o ano e verões quentes. As temperaturas médias do trimestre mais frio variam entre 17 e 18°C, do trimestre mais quente entre 28 e 29°C e a anual entre 22 e 23°C. Os totais anuais médios normais de precipitação pluvial para a região variam entre 1600 e 1800 mm, com o trimestre mais chuvoso apresentando totais variando entre 400 e 500 mm (CAVIGLIONE et al., 2000).

### **3.2.2 Condução do experimento**

O experimento foi realizado de março a abril (estresse térmico) e junho e julho (conforto térmico) de 2011, com duração de doze dias, sendo sete dias de adaptação dos animais às gaiolas de metabolismo e às rações e cinco dias de coletas de fezes e urina. Para o experimento foram utilizados 32 suínos machos castrados, raça Landrace, com massa corporal média peso inicial de  $18,5 \pm 0,73$  kg, sendo pesados, no início e no final do experimento e alojados individualmente em gaiolas de metabolismo semelhantes às descritas por Pekas (1968).

Para que a temperatura do ar permanecesse em  $28,77 \pm 1,66^\circ\text{C}$  (estresse) foram utilizadas placas térmicas elétricas para o aquecimento do ar que permaneceram ligadas

quando a temperatura estava abaixo de 30°C. Ar condicionado modelo Split, marca Electrolux de 12000 btu foi utilizado para manter a temperatura de 18,13±3,96°C (conforto), que foi ligado quando a temperatura do ar estava acima de 21°C.

Os animais foram distribuídos em dois experimentos em duas condições de ambiente (estresse e conforto térmico) em um delineamento experimental de blocos com quatro níveis decrescentes de proteína bruta (20,5, 19,4, 18,3 e 17,2%) com quatro repetições, totalizando 16 parcelas em cada experimento. Cada parcela experimental constou de um animal, totalizando 32 animais.

Os animais receberam ração (Tabela 1) para suínos machos castrados de alto potencial genético com desempenho superior, seguindo as recomendações descritas por Rostagno et al. (2005). As composições de PB e FDN do milho, farelo de soja e casca de soja foram analisadas, sendo, respectivamente 8,78, 46,4 e 10,3% e 9,89, 13,04 e 65,1%. Para determinação do consumo a ração fornecida e as sobras foram pesadas no final de cada arraçoamento. A ração foi umedecida, em quantidade pré-estabelecida individualmente de acordo com o peso metabólico de cada animal ( $\text{kg}^{0,75}$ ), em duas porções, às 07:00 e às 19:00 horas. A água foi fornecida à vontade, após a ingestão da ração.

Para correção do balanço eletrolítico da dieta (BED) foi adicionado bicarbonato de sódio ( $\text{NaHCO}_3$ ), em substituição ao inerte (areia lavada) da ração. Os valores de balanço eletrolítico das rações experimentais foram calculados, considerando o peso molecular de cada elemento químico, conforme proposto por Mongin (1981), utilizando-se a seguinte equação:

$$BE = \left( \frac{Na^+}{23,00} + \frac{K^+}{39,10} - \frac{Cl^-}{35,45} \right) \times 10$$

Em que:

$Na^+$  = quantidade de sódio presente em cada um dos alimentos, expresso em  $\text{mg kg}^{-1}$ .

$K^+$  = quantidade de potássio presente em cada um dos alimentos, expresso em  $\text{mg kg}^{-1}$ .

$Cl^-$  = quantidade de cloro presente em cada um dos alimentos, expresso em  $\text{mg kg}^{-1}$ .

Tabela 1. Composição centesimal das rações experimentais, na matéria natural

Ingredientes (%)	PB <sup>7</sup> (%)			
	20,5	19,4	18,3	17,2
Milho	63,50	66,50	69,45	72,70
Farelo de soja	31,50	28,30	24,95	21,47
Casca de soja	0,00	0,20	0,42	0,62
Óleo de soja	1,18	1,06	0,99	0,75
Fosfato bicálcico	1,60	1,60	1,60	1,60
Calcário	0,62	0,62	0,63	0,63
Antioxidante <sup>1</sup>	0,02	0,02	0,02	0,02
Sal comum	0,46	0,38	0,30	0,24
Mistura mineral <sup>2</sup>	0,05	0,05	0,05	0,05
Mistura vitamínica <sup>3</sup>	0,10	0,10	0,10	0,10
L-Lisina HCl	0,23	0,31	0,39	0,47
DL-Metionina	0,07	0,10	0,13	0,16
L-Treonina	0,07	0,11	0,16	0,20
L- Valina	0,00	0,01	0,07	0,12
L- Isoleucina	0,00	0,00	0,00	0,04
L- Triptofano	0,00	0,00	0,02	0,03
Cloreto de colina	0,04	0,05	0,09	0,09
Fosfato de tilosina	0,18	0,18	0,18	0,18
Inerte <sup>4</sup>	0,38	0,30	0,22	0,18
Bicarbonato de sódio	0,00	0,11	0,23	0,35
Total	100,00	100,00	100,00	100,00
Nutrientes calculados (%)				
Energia metabolizável (kcal/kg)	3.230	3.230	3.230	3.230
Proteína bruta	20,500	19,400	18,300	17,200
Proteína digestível	18,000	17,000	16,000	15,000
Cálcio	0,720	0,720	0,720	0,720
Fósforo disponível	0,400	0,400	0,400	0,400
Sódio	0,200	0,200	0,200	0,2085
Potássio	0,7548	0,7039	0,6509	0,5962
Cloro	0,3192	0,2747	0,2259	0,1900
Lisina digestível	1,145	1,145	1,145	1,145
Treonina digestível	0,721	0,721	0,721	0,721
Met+Cis digestível	0,641	0,641	0,641	0,641
Metionina digestível	0,3545	0,368	0,3822	0,3967
Triptofano digestível	0,2115	0,1957	0,1950	0,1950
Arginina digestível	1,2343	1,1432	1,0485	0,9504
Valina digestível	0,8276	0,7900	0,7900	0,7900
Leucina digestível	1,6026	1,5288	1,4510	1,3717
Isoleucina digestível	0,7515	0,6989	0,6441	0,6300
Histidina digestível	0,4834	0,4561	0,4275	0,3981
Fenilalanina digestível	0,8876	0,8325	0,7750	0,7157
Fenilalanina + tirosina dig.	1,4783	1,3879	1,2935	1,1962
Tilosina-ppm	44,000	44,000	44,000	44,000
BED <sup>6</sup> (Meq/kg)	189,97	189,56	189,73	189,57

<sup>1</sup> BHT. <sup>2</sup> Conteúdo/kg: ferro 100 g; cobre 10 g; cobalto 1 g; manganês 40 g; zinco 100 g; iodo 1,5 g; e veículo q.s.p. p/ 1000 g. <sup>3</sup> Conteúdo/kg: vit. A, 10.000.000 U.I.; vit D<sub>3</sub>, 1.500.000 U.I.; vit. E, 30.000 U.I.; vit B<sub>1</sub>- 2,0 g; vit B<sub>2</sub> - 5,0 g; vit. B<sub>6</sub> - 3,0 g; vit B<sub>12</sub> - 30.000 mcg; ácido nicotínico, 30.000 mcg; ácido pantotênico 12.000 mcg; vit. K<sub>3</sub>, 2.000 mg; ácido fólico, 800 mg; biotina, 100 mg; selênio, 300 mg; e veículo q.s.p. p/ 1000 g. <sup>4</sup> Areia fina lavada. <sup>5</sup> Fosfato de tilosina. <sup>6</sup> Balanço eletrolítico da dieta. <sup>7</sup> Proteína bruta da dieta.

As condições ambientais da sala foram monitoradas às 08h00min, 11h00min, 14h00min e 17h00min, com auxílio de um Datalogger portátil, modelo 494, marca Homis com sensor de temperatura do ar, com tempo de resposta de 20 segundos, exatidão de  $\pm 1,0$  °C, e temperatura de operação de -40 °C a +70 °C, e sensor de umidade relativa, com tempo de resposta de 5 segundos, exatidão de  $\pm 3,0\%$  e umidade de operação de 0 a 100%. A temperatura de globo negro, utilizada para o cálculo do ITGU, foi determinada utilizando-se uma esfera, com diâmetro de 15 cm, aproximadamente, pintada exteriormente de preto fosco, onde se inseriu um termômetro, que foi instalado na gaiola de metabolismo na altura do animal. O ITGU foi calculado de acordo com a equação:

$$\text{ITGU} = T_g + 0,36 T_{po} + 41,5$$

Em que:

$T_{po}$  - temperatura do ponto de orvalho, °C, e

$T_g$  - temperatura do globo negro, °C.

### **3.2.3 Coletas de fezes, urina e sangue**

Para definir o início e o final do período de coleta de fezes foi utilizado óxido férrico ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) na ração como marcador fecal, segundo recomendações de Sakomura e Rostagno (2007).

As amostras de fezes foram coletadas duas vezes ao dia, às 7h30min e às 19h30min, sendo pesadas e acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificados e para evitar a fermentação foram armazenadas em congelador (-5°C) até o final do período de coleta. Ao final do período experimental as amostras foram descongeladas, pesadas, homogeneizadas e secadas em estufa ventilada a 60°C e posteriormente moídas para realização das análises.

A urina foi coletada e filtrada uma vez ao dia, às 7h30min, sendo colhida em baldes plásticos contendo 20 mL de ácido clorídrico (HCl) diluído na proporção 1:1 para evitar a proliferação bacteriana, fermentação e possíveis perdas de nitrogênio por volatilização. Do volume total de urina foram retiradas alíquotas de 5% e acondicionadas em frascos de vidro devidamente identificados e armazenados em refrigerador (3°C). Após os cinco dias de coleta de urina foi realizada a limpeza dos coletores, não sendo adicionado o ácido clorídrico nos baldes, e à medida que os animais excretavam a urina era imediatamente submetida à leitura de pH.

As coletas de sangue foram realizadas para determinação de uréia, creatinina, glicose, colesterol e triglicerídeos no plasma sanguíneo, realizadas após o término de cada período experimental, após submeter os animais a período de jejum alimentar de 12 horas. O sangue foi colhido por meio de punção na veia cava, coletando-se 10mL de cada animal, em tubos do tipo Vacutainer com EDTA-K<sub>3</sub> e Fluoreto de sódio/oxalato. As amostras de sangue foram centrifugadas a 3000 rpm, por dez minutos, para obtenção do plasma.

### **3.2.4 Variáveis analisadas**

As análises de glicose, colesterol, triglicerídeos, uréia e creatinina foram realizadas com uso de kits específicos, conforme os procedimentos operacionais padrão do fabricante, sendo utilizado espectrofotômetro para leitura de absorbância.

As análises de nitrogênio (N), das fezes e urina, foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, de acordo com as técnicas descritas por Silva e Queiroz (2002). Para o balanço de nitrogênio, foram determinados o N ingerido, excretado nas fezes e urina, absorvido, retido, retido/ingerido, retido/absorvido e a excreção total.

Os valores de proteína bruta consumida (PBC), excretada nas fezes (PBF) e na urina (PBU) foram obtidos por meio da multiplicação dos teores de proteína pelas quantidades de ração consumida, de fezes e de urina excretadas, respectivamente. A partir desses valores, foram calculadas a PB retida ( $PBR = PBC - PBF - PBU$ ) e a utilização líquida de proteína ( $ULP = PBR/PBC$ ) conforme indicado por Adeola (2001).

### **3.2.5 Parâmetros fisiológicos**

Para obtenção dos parâmetros fisiológicos, diariamente às 08:00, 11:00, 14:00 e 17:00 horas, foi coletada a temperatura retal (TR) com auxílio de um termômetro clínico que foi introduzido no reto de cada animal durante um minuto, juntamente com as coletas da temperatura ambiental foi feita a frequência respiratória (FR) obtida pela contagem dos movimentos dos flancos de cada animal durante 15 segundos e este resultado foi multiplicado por quatro para obtenção da frequência respiratória por minutos. Para obtenção da temperatura da superfície corporal (TSC) foi realizada uma média da temperatura da cabeça, lateral e dorso, coletada com um termômetro digital com infravermelho, com faixa de medição de temperatura de -18 a 275°C e acurácia  $\pm 2^\circ\text{C}$ .

### 3.2.6 Procedimentos estatísticos

Os efeitos da proteína bruta para cada ambiente (conforto e estresse térmicos), foram avaliados pela Análise de Variância. O efeito da proteína bruta foi estimado por meio de regressão em nível de 5% de probabilidade quando forem encontradas diferenças significativas pelo teste F da regressão ao nível de 5% de probabilidade.

O modelo estatístico utilizado foi o seguinte:

$$Y_{ij} = \mu + B_i + T_j + \varepsilon_{ij}$$

Em que:

$Y_{ij}$  = Valor observação para o parâmetro no i-ésimo bloco no j-ésimo tratamento;

$\mu$  = efeito da média geral;

$B_i$  = efeito do i-ésimo bloco, para  $i = 1, 2, 3$  e  $4$ ;

$T_j$  = efeito do j-ésimo tratamento (nível de Proteína Bruta), para  $j=1, 2, 3$  e  $4$ ;

$\varepsilon_{ij}$  = erro aleatório da parcela no i-ésimo bloco, no j-ésimo tratamento, supostos homocedásticos, independentes e normalmente distribuídos.

Os efeitos dos parâmetros fisiológicos foram avaliados pela Análise de Variância. O efeito dos horários de observação e do ITGU foram determinado por meio do teste F ao nível de 5%. O efeito da interação Horários x ITGU foi estimado por meio de superfície de resposta respeitando a significância do fator incluído no modelo estatístico, em nível de 5% de probabilidade.

Para as variáveis avaliadas, o modelo estatístico utilizado foi:

$$Y_{ijk} = \mu + B_i + H_j + ITGU_k + HITGU_{jk} + \varepsilon_{ijk}$$

em que:

$Y_{ijk}$  = valor observado para o parâmetro no i-ésimo bloco, no j-ésimo horário de observação, no k-ésimo ITGU;

$\mu$  = efeito da média geral;

$B_i$  = efeito do i-ésimo bloco, para  $i = 1, 2, 3$  e  $4$ ;

$H_j$  = efeito do j-ésimo horário de observação, para  $j = 1, 2, 3$  e  $4$ ;

$ITGU_k$  = efeito do k-ésimo ITGU;

$HITGU_{jk}$  = efeito da interação entre o j-ésimo horário de observação e o do k-ésimo ITGU;

$\varepsilon_{ijk}$  = erro aleatório da parcela no i-ésimo bloco, no j-ésimo horário de observação, no k-ésimo ITGU, supostos homocedásticos, independentes e normalmente distribuídos.



Os dados foram submetidos à análise estatística, utilizando-se o Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas SAEG desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa - UFV (RIBEIRO Jr., 2001).

### 3.3 Resultados e discussão

#### 3.3.1 Balanço de nitrogênio, parâmetros sanguíneos e pH da urina em suínos na fase inicial submetidos a rações com diferentes níveis de proteína bruta, em condição de estresse térmico

Na condição de estresse térmico, a temperatura média do ar manteve-se em  $28,77 \pm 1,66^{\circ}\text{C}$ . A temperatura média do ar obtida neste ambiente pode ser considerada como de estresse por calor, por estar acima da temperatura crítica máxima ( $27^{\circ}\text{C}$ ) para esta categoria, conforme estabelecido por Leal e Nããs (1992). A umidade relativa do ar foi de  $77,95 \pm 5,51$  e ITGU de  $78,44 \pm 2,33$ . O ITGU obtido neste ambiente foi próximo ao de 82,2 verificado por Kiefer et al. (2005) para suínos mantidos sob temperaturas ambientais elevadas.

O N ingerido não apresentou efeito ( $P>0,05$ ) em razão da redução da proteína bruta da ração (Tabela 2).

Tabela 2. Efeito da proteína bruta sobre o balanço de nitrogênio em suínos machos castrados em fase inicial em condições de estresse térmico.

VARIÁVEIS	PB – Ração				P	CV (%)
	20,5	19,4	18,3	17,2		
Nitrogênio ingerido ( $\text{g dia}^{-1}$ )	28,86	26,62	25,62	24,08	0,4166	15,07
Nitrogênio fezes ( $\text{g dia}^{-1}$ )	9,20	7,96	8,09	8,02	0,3000	12,17
Nitrogênio urina ( $\text{g dia}^{-1}$ ) <sup>1</sup>	7,73	7,91	7,13	6,02	0,0596	13,10
Excreção total N ( $\text{g dia}^{-1}$ ) <sup>2</sup>	16,93	15,86	15,22	14,05	0,0220	7,20
Nitrogênio absorvido ( $\text{g dia}^{-1}$ )	19,66	18,66	17,53	16,05	0,6348	22,50
Nitrogênio retido ( $\text{g dia}^{-1}$ )	11,93	10,75	10,40	10,03	0,8837	32,85
Nitrogênio retido/ Nitrogênio absorvido	59,60	56,56	57,56	62,48	0,6884	12,51
ULP (%)	40,53	39,55	39,41	41,40	0,9811	19,25

<sup>1</sup>- $8,9279 + 0,85325*\text{PB}$  ( $R^2=0,57$ )

<sup>2</sup>- $3,62712 + 1,01612*\text{PB}$  ( $R^2=0,55$ )

Os resultados obtidos para nitrogênio das fezes (NF) corroboram com estudo realizado por Le Bellego e Noblet (2001), que não encontraram diferenças na quantidade de NF de suínos alimentados com rações cuja proteína foi reduzida de 18,9 para 12,3%. Contudo, Oliveira et al., (2007) verificaram que NF foi influenciado ( $P<0,01$ ) pelo conteúdo de

proteína da dieta. Em que a cada ponto percentual de redução no teor de proteína houve um decréscimo de aproximadamente 7% no N excretado nas fezes.

O nitrogênio na urina reduziu em função da redução da PB. Em estudo realizado por Kerr e Easter (1995a) e Canh et al. (1998) também verificaram que quanto menor o consumo de nitrogênio, menor foi a concentração de nitrogênio eliminado na urina e confirmados por Le Bellego et al. (2001) e Oliveira et al. (2007). Estes resultados indicam que o fornecimento de rações com menor teor de proteína reduz a quantidade de nitrogênio que é eliminado pelos suínos e confirma a hipótese de que esta estratégia nutricional é uma ferramenta de grande utilidade para evitar o excesso de nitrogênio nos dejetos. A redução de excreção de nitrogênio proporciona, segundo Le Bellego et al. (2001), redução na perda de energia urinária equivalente a 0,84 kcal e na produção de calor do animal equivalente a 1,67 kcal por grama de proteína ingerida.

A excreção total de nitrogênio reduziu ( $P < 0,022$ ) em razão da redução da proteína bruta em condição de estresse térmico. Estes resultados estão de acordo com Oliveira et al. (2007) que observaram redução de aproximadamente 45% de N excretado total com a diminuição de 6,5 pontos percentuais na quantidade de proteína bruta da ração fornecida aos suínos. Lordelo et al. (2008) relataram que a excreção total de N, dos leitões alimentados com rações de baixa PB suplementadas com isoleucina e valina na primeira semana, foi reduzida em 26,0% comparado com a ração de alta PB, e após a quarta semana a redução foi de 29,0%. Tais resultados também foram observados em outros experimentos (GATEL e GROSJEAN, 1992; KERR e EASTER, 1995a; OTTO et al., 2003), porém a amplitude da redução é variável e pode estar relacionada ao tipo de dieta experimental utilizada e a perda de nitrogênio que é comum em estudos desta natureza (QUINIOU et al., 1995).

A quantidade de nitrogênio absorvido, retido e relação retido/absorvido não apresentaram diferenças significativas com a redução do teor de proteína bruta das rações, em condição de estresse térmico, como foi observado por Shriver et al. (2003) ao reduzirem a PB da ração de 18% para 14% para animais em crescimento. A partir desses resultados, supõe-se que a diferença na velocidade de absorção entre aminoácidos de origem cristalina e os aminoácidos provenientes dos alimentos não interfere na passagem destes nutrientes do trato gastrointestinal para o sangue.

O excesso de aminoácidos essenciais é uma pré-condição para que se tenha adequada retenção de nitrogênio (ROTH et al., 1999). Gatel e Grosjean (1992) e Howie (1999) confirmam a hipótese de que a retenção de nitrogênio nos suínos não é influenciada pela

redução do nível de proteína da dieta para até 4% pontos percentuais, desde que a dieta seja suplementada com os correspondentes aminoácidos essenciais limitantes.

Os níveis de proteína bruta da ração não influenciaram ( $P>0,05$ ) as concentrações de creatinina plasmática (Tabela 3). Em trabalho realizado por LOHMANN, et al. (2012), observaram que a creatinina aumentou ( $P = 0,067$ ) à medida que os níveis de valina digestível aumentaram. O teor de creatinina pode ser usado como indicador da qualidade da proteína dietética, pois o aumento do catabolismo muscular eleva as concentrações de creatinina sanguínea (OLIVEIRA, 2005).

Tabela 3. Efeito da proteína bruta sobre os parâmetros sanguíneos em suínos machos castrados em fase inicial em condições de estresse térmico.

VARIÁVEIS	PB – Ração				P	CV (%)
	20,5	19,4	18,3	17,2		
Creatinina	1,20	0,97	0,94	1,00	0,4933	25,31
Glicose	84,44	93,69	97,70	88,78	0,5100	14,17
Uréia	16,74	13,65	12,90	15,51	0,4538	24,63
Triglicerídeos <sup>1</sup>	20,54	16,22	10,52	12,22	0,0858	33,79
Colesterol	80,56	67,47	96,18	113,02	0,3300	38,41
pH urinário	7,37	7,06	7,36	6,98	0,4668	5,87

<sup>1</sup>  $-33,18421 + 2,59828*PB$  ( $R^2=0,24$ )

Os diferentes níveis de PB não influenciaram ( $P>0,05$ ) a uréia plasmática que apresentou valores de 12,90 a 16,74 mg/dL, e possivelmente o alto coeficiente de variação obtido para esta variável tenha colaborado para não se obter uma resposta significativa. Valores baixos de uréia plasmática estão relacionados à melhor utilização de nitrogênio para a deposição de tecido (COMA et al., 1995) e o aumento desta, pode indicar ineficiência na utilização de aminoácidos (GASPAROTTO et al., 2001).

Os aminoácidos em excesso, após serem absorvidos, não se acumulam em grandes quantidades no sangue, pois são rapidamente assimilados por células de todo o organismo. Os aminoácidos livres, ou conjugados, possuem rotas alternativas específicas, sendo que, uma das rotas alternativas é a desaminação oxidativa. Neste caso, os aminoácidos desaminados podem seguir o metabolismo da glicose e dos ácidos graxos, gerando energia (GUYTON e HALL, 1996). No entanto, no presente trabalho, o teor de proteína da ração influenciou ( $P<0,085$ ) a concentração de triglicerídeos no plasma sanguíneo. O mesmo não ocorreu com a concentração de colesterol plasmático.

### 3.3.2 Balanço de nitrogênio, parâmetros sanguíneos e pH da urina em suínos na fase inicial submetidos a rações com diferentes níveis de proteína bruta, em condição de conforto térmico

Durante o período experimental realizado em condições de conforto térmico, a média da temperatura do ar manteve-se em  $18,13 \pm 3,96$  °C, que pode ser considerada como temperatura de conforto térmico (16 a 24 °C), como sugerem Tolon et al. (2010). A umidade relativa foi de  $72,09 \pm 8,86\%$  e o Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU) de  $64,21 \pm 5,45$ . O valor do ITGU que caracterizou o ambiente de conforto térmico está em conformidade com aquele de 69,1 obtido por Tavares et al. (2000) para suínos mantidos em ambiente termoneutro.

O consumo diário de nitrogênio diminuiu ( $P < 0,01$ ) à medida que se reduziu o nível de PB da ração em condição de conforto térmico. Os animais alimentados com a ração com 17,2% de PB apresentaram consumo de nitrogênio 13,9% inferior em relação aos alimentados com a de 20,5% de PB (Tabela 4). Estes resultados estão de acordo com os encontrados por Orlando et al. (2007), considerando que, a redução do teor de proteína da dieta implicou em menor consumo de N.

Tabela 4. Efeito da proteína bruta sobre o balanço de nitrogênio em suínos machos castrados em fase inicial em condições de conforto térmico.

VARIÁVEIS	PB – Ração				P	CV (%)
	20,5	19,4	18,3	17,2		
Nitrogênio ingerido (g dia <sup>-1</sup> ) <sup>1</sup>	40,51	38,33	36,75	34,88	0,0009	3,79
Nitrogênio fezes (g dia <sup>-1</sup> )	12,13	13,50	13,62	14,10	0,7180	18,79
Nitrogênio urina (g dia <sup>-1</sup> )	7,84	7,93	7,58	6,76	0,4831	15,17
Excreção total N (g dia <sup>-1</sup> )	19,97	21,43	21,19	20,86	0,8984	13,94
Nitrogênio absorvido (g dia <sup>-1</sup> ) <sup>2</sup>	28,38	24,84	23,13	20,78	0,0059	10,01
Nitrogênio retido (g dia <sup>-1</sup> ) <sup>3</sup>	20,54	16,91	15,55	14,02	0,0278	16,00
Nitrogênio retido/ Nitrogênio absorvido	71,96	67,80	67,04	67,57	0,5848	8,06
ULP (%)	50,62	44,11	42,58	40,16	0,2346	15,79

<sup>1</sup>  $6,59476 + 1,64612 * PB$  ( $R^2 = 0,73$ )

<sup>2</sup>  $-13,42035 + 2,01646 * PB$  ( $R^2 = 0,59$ )

<sup>3</sup>  $-13,75685 + 1,63315 * PB$  ( $R^2 = 0,38$ )

Os níveis de nitrogênio excretado nas fezes não sofreram efeito ( $P > 0,05$ ) dos níveis de PB das dietas. Zangeronimo et al. (2007a), em trabalho com diferentes níveis de lisina digestível e PB da ração, também não encontraram diferenças ( $P > 0,05$ ) para nitrogênio das fezes. Ressalta-se que, neste experimento, os níveis muito próximos de PB estudados (20,5 e 17,2%) não permitiram a detecção de diferenças significativas para N das fezes.

O nitrogênio das fezes tem origem no N ingerido, que não foi absorvido, e na fração endógena, que é proveniente principalmente das secreções digestivas (pancreáticas, biliares e intestinais), das descamações do epitélio intestinal e da massa microbiana (KERR et al., 1995; FIGUEROA et al., 2002). É importante registrar que há muita divergência entre os resultados divulgados na literatura. Isto pode estar relacionado às diferenças entre os métodos utilizados (coleta total x indicadores) para calcular a digestibilidade (MROZ et al., 1966).

O fornecimento de rações com menor teor de proteína reduz a quantidade de nitrogênio que é eliminado pelos suínos, devido a capacidade limitada dos suínos para armazenar aminoácidos, o excesso é deaminado e utilizado para síntese de uréia que é eliminada na urina (COMA et al., 1995b), não foi confirmado pelo presente trabalho, em condição de conforto térmico, onde o N da urina e a excreção total não apresentaram efeito ( $P>0,05$ ) em razão da redução da proteína bruta das rações.

A quantidade de nitrogênio retido e absorvido foi reduzido linearmente com o teor de proteína bruta das rações, como foi observado por Oliveira et al. (2007) ao reduzirem a PB da ração de 19,1% para 12,5% e Keer et al. (1995b) que concluíram que a maior retenção de nitrogênio ocorreu com o uso da dieta com baixa proteína, suplementada com aminoácidos industriais.

A relação N retido:absorvido não variou ( $P>0,05$ ) em função dos níveis de PB da ração. Entretanto, Zangeronimo et al. (2007b) encontraram maior eficiência ( $P<0,01$ ) da utilização do nitrogênio em rações contendo maiores níveis de aminoácidos industriais (16% PB), o que se justifica, segundo Lordelo et al. (2008), como uma ineficiência metabólica do animal em reter o nitrogênio absorvido que está além das suas necessidades de consumo, excretando-o por meio da urina.

Sugere-se que os níveis energéticos das dietas possam interferir no aproveitamento do N dietético, principalmente em rações com redução de PB, onde o menor incremento calórico proporcionado por essas dietas pode ter levado a uma maior quantidade de energia líquida disponível para os animais (ZANGERONIMO et al., 2007b). Neste caso, outros estudos devem ser conduzidos para se determinar a relação ideal entre os principais aminoácidos essenciais e os níveis energéticos em dietas contendo níveis reduzidos de PB.

Na suinocultura geralmente são observados valores de 30 a 40% para utilização líquida da proteína (ULP) (fração do nitrogênio retido em relação ao consumido) (OLIVEIRA, 2005). O valor médio observado para ULP foi de 44,4% e para Paiano et al. (2009), foi de 57,7%. O teor de proteína da dieta aumenta a eficiência de retenção do N ingerido (OLIVEIRA et al., 2007), o que segundo Yamashita e Ashida (1969) e Heger et al.

(1998) ocorre em função de um mecanismo fisiológico que diminui a degradação de aminoácidos quando são fornecidos em quantidades menores que as exigidas.

A concentração de uréia plasmática reduziu ( $P < 0,01$ ) em razão da redução da proteína bruta da ração (Tabela 5). Figueroa et al. (2002), também observaram redução linear do N na ureia plasmática à medida que o nível proteico da ração foi reduzido de 16% para 11%, sendo suplementadas com aminoácidos industriais. Segundo Fraga et al. (2008), o N na uréia plasmática é um eficiente parâmetro para indicar a utilização dos aminoácidos dietéticos pelo suíno, bem como, Wei e Zimmerman (2003), afirmam que a concentração de uréia no sangue pode ser utilizada para avaliar a qualidade da proteína consumida. Assim, o aumento do N na ureia plasmática pode indicar ineficiência na utilização de aminoácidos (GASPAROTTO et al., 2001).

Tabela 5. Efeito da proteína bruta sobre os parâmetros sanguíneos em suínos machos castrados em fase inicial em condições de conforto térmico.

VARIÁVEIS	PB – Ração				P	CV (%)
	20,5	19,4	18,3	17,2		
Creatinina	0,93	0,75	0,77	0,83	0,4470	19,89
Glicose	90,28	88,93	95,14	90,88	0,7000	8,45
Uréia <sup>1</sup>	28,79	18,75	17,18	19,47	0,0009	14,99
Triglicerídeos	72,10	62,28	66,04	43,53	0,1014	24,88
Colesterol	80,84	87,64	68,10	89,09	0,5523	25,54
pH urinário	7,43	7,18	6,87	7,09	0,1896	4,73

<sup>1</sup>  $-43,34121 + 3,41182 * PB$  ( $R^2 = 0,53$ )

Os níveis de proteína bruta utilizados não influenciaram ( $P > 0,05$ ) os níveis plasmáticos de creatinina em suínos na fase inicial de crescimento (Tabela 5). Para Oliveira (2005), o teor de creatinina pode ser usado como indicador da qualidade da proteína dietética, pois o aumento do catabolismo muscular eleva as concentrações de creatinina sanguínea. A concentração de creatinina é altamente correlacionada com a quantidade de carne magra na carcaça de suínos (CAMERON et al., 2003) e, o consumo de nitrogênio parece exercer pouco efeito na concentração de creatinina no soro.

O teor de proteína da ração não influenciou ( $P > 0,05$ ) a concentração de glicose e triglicerídeos no plasma sanguíneo. Gomez et al. (2002) também não encontraram diferenças significativas na concentração de glicose em trabalho com redução da proteína bruta. Os aminoácidos em excesso, após serem absorvidos, não se acumulam em grandes quantidades no sangue, pois são rapidamente assimilados por células de todo o organismo. Os aminoácidos livres, ou conjugados, possuem rotas alternativas específicas, sendo que, uma das rotas alternativas é a desaminação oxidativa. Neste caso, os aminoácidos desaminados

podem seguir o metabolismo da glicose e dos ácidos graxos, gerando energia (GUYTON e HALL, 1996).

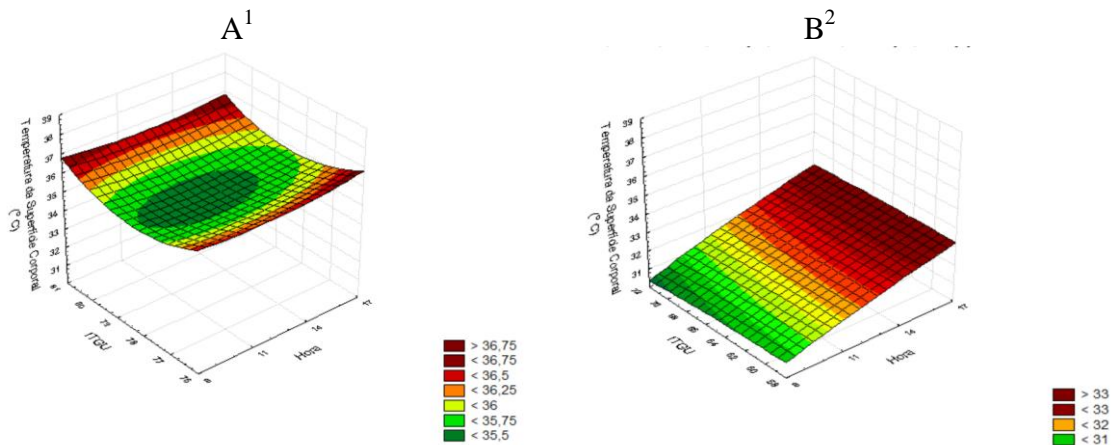
O nível de colesterol no plasma dos animais não foi influenciado pelos níveis de PB da ração. O colesterol pode ser controlado pelo estado nutricional, pelos teores dietéticos de gordura e fatores hormonais (MENDONÇA Jr., 1996), assim, um organismo possuidor de controle enzimático normal, mediante altas ingestões de colesterol, promove a redução de sua síntese orgânica, mantendo os níveis de colesterol estáveis (NABER, 1990). Portanto, o aumento do colesterol no plasma está mais relacionado com as quantidades de energia e gordura saturada ingeridas do que da própria ingestão do colesterol em si (MENDONÇA Jr., 1996).

O pH urinário não foi influenciado ( $P > 0,05$ ), pela redução da proteína bruta em condição de conforto térmico. Patience et al. (2005), em estudo com suínos em crescimento mantidos sob estresse ( $38^{\circ}\text{C}$ ) e conforto térmico ( $20^{\circ}\text{C}$ ) observaram redução do pH urinário de 6,59 para 6,06, respectivamente. Estes autores sugerem que houve uma redução da concentração de  $\text{HCO}_3$  no sangue, juntamente com uma diminuição do pH da urina. O organismo, nesta condição, buscou uma compensação renal via aumento da excreção  $\text{H}^+$ , pois nos casos de desequilíbrio ácido-base, os rins excretam urina ácida ou básica como forma de ajuste do pH.

Segundo Patience e Chaplin (1997), a variação do balanço eletrolítico das dietas é um fator que afeta as condições fisiológica e metabólica dos suínos e, portanto, deve ser considerado na avaliação de resultados de experimentos. De acordo com Patience et al. (1987), o valor do balanço eletrolítico dietético (BED) de uma dieta para máximo crescimento e consumo deve estar entre 0 e 341 mEq/kg. Neste experimento, com a redução dos níveis protéicos e a suplementação com aminoácidos industriais nas dietas, o BED foi mantido constante (Tabela 1), 189 mEq/kg, estando dentro da faixa estipulada pelos autores acima citados.

### **3.3.3 Parâmetros fisiológicos de suínos na fase inicial submetidos a rações com diferentes níveis de proteína bruta, em condição de conforto e estresse térmico**

A temperatura da superfície corporal (TSC) apresentou pequena variação em condição de estresse térmico, em condição de conforto térmico ocorreu um aumento da TSC, em função do ITGU e dos horários de observação (Figura 1).



$$^1 1085,4289+0,2416*\text{hora}-26,82920*ITGU+0,013796*\text{hora}^2-0,007171*ITGU*Hora+0,171674*ITGU^2 R^2= 0,03$$

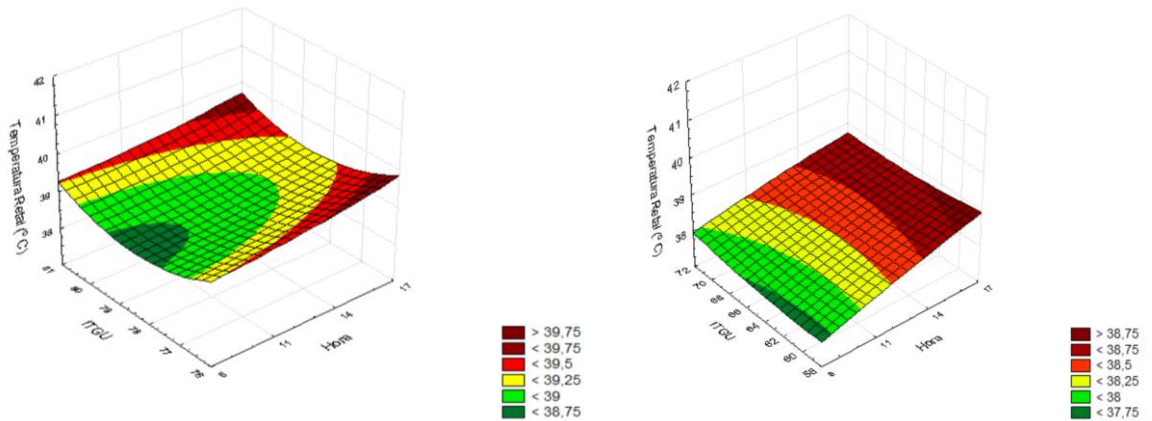
$$^2 22,0941+0,214862*\text{hora}+0,232244*ITGU-0,007129*\text{hora}^2+0,003866*ITGU*Hora-0,002317*ITGU^2 R^2= 0,13$$

Figura 1. Superfícies de resposta para temperatura da superfície corporal em função de ITGU e horários de observação em condição de estresse (A) e conforto (B) térmico

Em trabalho realizado, Kiefer et al. (2009) observaram diferenças (38,75 e 36,24 °C) na temperatura de superfície (nuca) nos suínos mantidos em ambiente quente (31°C) em relação àqueles mantidos em ambiente de conforto (22°C). As regiões superficiais apresentam a temperatura mais variável e mais sujeitas às influências do ambiente externo e devido as diferenças nas atividades metabólicas dos diversos tecidos, a temperatura não é homogênea no corpo todo e varia de acordo com a região anatômica (SILVA, 2000). Desta forma, quando a TSC é elevada o organismo reduz seu metabolismo basal, na tentativa de diminuir a geração de calor corporal. Esta situação permanece até que o animal possa dissipar o excesso de calor para o ambiente (TINÔCO et al, 2001). Ao mesmo tempo, ocorre diminuição da ingestão de alimentos e, conseqüentemente, redução da produtividade.

A temperatura retal (TR), aumentou em função do ITGU e horários de observação, em condição de estresse e conforto térmico (Figura 2). A TR máxima obtida nos suínos foi de 39,4°C mostrando que mesmo os animais mantidos em ambiente considerado de estresse térmico mantiveram sua temperatura retal dentro da faixa ideal, que segundo Bianca (1968) é de 39,0 a 40,0°C, caracterizando a eficiência dos processos termorregulatórios.





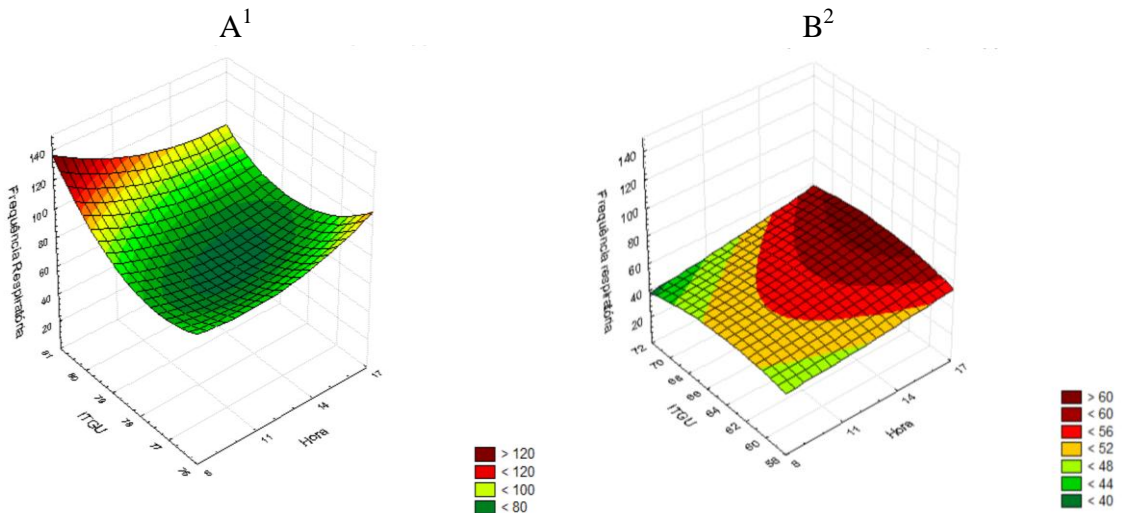
$$^1 611,92090+0,2015328*\text{hora}-14,63436*\text{ITGU}+0,004193*\text{hora}^2+0,00316*\text{ITGU}*\text{Hora}+0,093417*\text{ITGU}^2 \text{ R}^2=0,42$$

$$^2 39,180126+0,415164*\text{hora}-0,133511*\text{ITGU}-0,003061*\text{hora}^2-0,003441*\text{ITGU}*\text{Hora}+0,001391*\text{ITGU}^2 \text{ R}^2=0,51$$

Figura 2. Superfícies de resposta para temperatura retal em função de ITGU e horários de observação em condição de estresse (A) e conforto (B) térmico

Já em trabalho realizado por Lopes et al. (1991), não foram observadas diferenças de temperatura retal nas diferentes horas do dia. A temperatura retal é utilizada, frequentemente, como índice de adaptação fisiológica ao ambiente quente. Assim, um aumento em seu valor significa que o animal está estocando calor, pois seu aumento indica que os mecanismos de liberação de calor tornaram-se insuficientes para manter a homeotermia (FERREIRA, 2007).

A frequência respiratória (FR) aumentou em função do ITGU e dos horários de observação, sendo mais acentuado em condição de conforto do que em estresse (Figura 3).



$$^1 23144+80,925645*\text{hora}-604,46501*\text{ITGU}+0,51900*\text{hora}^2-1,20622*\text{ITGU}*\text{Hora}+3,97132*\text{ITGU}^2 \text{ R}^2=0,10$$

$$^2 -522,5856-5,440084*\text{hora}+18,582392*\text{ITGU}+0,057469*\text{hora}^2+0,08668*\text{ITGU}*\text{Hora}-0,151867*\text{ITGU}^2 \text{ R}^2=0,34$$

Figura 3. Superfícies de resposta para frequência respiratória em função de ITGU e horários de observação em condição de estresse (A) e conforto (B) térmico

Em condição de estresse térmico a FR manteve-se acima dos valores considerados ideais para suínos, que segundo Reece (1996) é de 32 a 58 mov. min<sup>-1</sup>. A elevação da FR pode explicar o fato de suínos expostos à condição de estresse térmico terem mantido sua temperatura retal dentro da faixa ideal, pois, segundo Manno et al. (2006), temperaturas ambientais elevadas tendem fazer o animal aumentar a frequência respiratória como mecanismo evaporativo eficiente para perda de calor corporal para manutenção da homeotermia.

Durante o estresse por calor, a FR promove a perda de calor por evaporação e mantém o equilíbrio térmico corporal (FURLAN e MACARI, 2002). Deste modo, a resposta da FR ao estresse térmico se dá, em primeiro momento, segundo Cunningham (1999), por estímulos periféricos, ou seja, em função da elevação da temperatura da pele. Assim, a dissipação de calor pela respiração deve evitar o aumento da temperatura interna, que se reflete no aumento da temperatura retal.

### 3.4 Conclusão

A redução do teor de proteína bruta da ração diminuiu a quantidade de nitrogênio excretado na urina, excreção total e triglicérideo plasmático de suínos em crescimento em condição de estresse térmico. Em condição de conforto térmico houve redução do nitrogênio ingerido, absorvido, retido e da uréia plasmática em razão da redução da proteína bruta da ração.

A superfície de resposta para temperatura retal, temperatura corporal e frequência respiratória aumentaram em função do ITGU e diferentes horários de observação, sendo mais evidente em condição de conforto térmico.

### 3.5 Referências bibliográficas

- ADEOLA, O. Digestion and balance techniques in pigs. In: LEWIS, A.J.; SOUTHERN, L.L. **Swine nutrition**. Ed.2. Boca Raton: CRC, p.903-916, 2001.
- BIANCA, W. Thermoregulation. In: HAFEZ, E.S.E. (Ed.) **Adaptation of domestic animals**. Philadelphia: Lea & Febiger. 1968. p.97-118.
- CAMERON, N.D.; McCULLOUGH, E.; TROUP, K.; PENMAN, J.C. Physiological responses to divergent selection for daily food intake or lean growth rate in pigs. **Animal Science**. Midlothian, v.76, 27-34. 2003.

- CANH, T.T.; AARNINK, 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.
- CAVIGLIONE, J.H.; KIIHL, L.R.B.; CARAMORI, P.H. et al. **Cartas Climáticas do Paraná**. Londrina: IAPAR, 2000, CD. Disponível em:<<http://iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=677>> Acessado em: 21 set 2011.
- COMA, J.; ZIMMERMAN, D.R.; CARRION, D. Relationship of rate lean tissue growth and other factors to concentration of urea in plasma of pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.73, p.3649-3656, 1995.
- CUNNINGHAM J. G. **Tratado de fisiologia veterinária**. Rio de Janeiro: Guanabara, 1999. 454 p.
- FERREIRA, R. A.; OLIVEIRA, R. F. M.; DONZELE, J. L.; et al Níveis de Energia Digestível para Leitoas dos 15 aos 30 kg Mantidas em Ambiente de Frio (15°C). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 27, n. 6, p. 1131-1139, 1998.
- FERREIRA, R. A.; OLIVEIRA, R. F. M.; DONZELE, J. L.; et al. Redução do nível de proteína bruta e suplementação de aminoácidos em rações para suínos machos castrados mantidos em ambiente termoneutro dos 30 aos 60 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.34, n. 2, p. 548-556, 2005.
- FERREIRA, R.A.; OLIVEIRA, R.F.M.; DONZELE, J.L. et al. Redução da proteína bruta e suplementação de aminoácidos para suínos machos castrados dos 30 aos 60 kg mantidos em ambiente de alta temperatura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.33, p.818-824, 2007.
- FIGUEROA, J.L.; LEWIS, A.J.; 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, p.2911-2919, 2002.
- FRAGA, A.L.; MOREIRA, I.; FURLAN, A.C. et al. Lysine requirement of starting barrows from two genetic groups, fed on low crude protein diets. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v.51, p.49-56, 2008.
- FURLAN, L.F.; MACARI, M. Termorregulação. IN: FURLAN, L. F.; MACARI, M.; GONZALES, E. **Fisiologia Aviária aplicada a frangos de corte**. 2.ed. Jaboticabal: Funesp, 2002. p.209-230.
- GASPAROTTO, L.F.; MOREIRA, I.; FURLAN, A.C.; MARTINS, E.N.; MARCOS JÚNIOR, M. Exigência de lisina, com base no conceito de proteína ideal, para suínos machos castrados de dois grupos genéticos, na fase de crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.30, n.6, p.1742-1749, 2001.
- GATEL, F.; GROSJEAN, F. Effect of protein content of the diet on nitrogen excretion by pigs. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v.31, p.109-120, 1992.

- GÓMEZ, R.S.; LEWIS, A.J.; MILLER, P.S.; CHEN, H.Y. Growth performance, diet apparent digestibility, and plasma metabolite concentrations of barrows fed corn soybean meal diets or low-protein, amino acid-supplemented diets at different feeding levels. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.80, p.644-653, 2002.
- GUYTON, A.C.; HALL, J.E. **Textbook of medical physiology**. ed.9, Philadelphia: H. Brace, p.877-882, 1996.
- HOWIE, M. Study shows supplements low crude protein diets may reduce ammonia emissions. **Feedstuffs**, Bloomington, v.71, p.13, 1999.
- 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. 1995a.
- KEER, 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, p. 433-440. 1995b.
- KIEFER, C.; MEIGNEN, B.C.G.; SANCHES, J.F.; CARRIJO, A.S. Resposta de suínos em crescimento mantidos em diferentes temperaturas. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v.58, n.221, p.55-64, 2009.
- KIEFER, C.; FERREIRA, A.S.; OLIVEIRA, R.F.M. et al. Exigência de metionina mais cistina digestíveis para suínos machos castrados mantidos em ambiente de alta temperatura dos 30 aos 60 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.34, p. 104-111, 2005.
- LEAL, P.M.; NÃÃS I.A. Ambiência animal. In: CORTEZ, L.A.B.; MAGALHÃES, P.S.G. (Org.). **Introdução à engenharia agrícola**. Campinas, SP : Unicamp. 1992. p.121-135.
- LE BELLEGO, L.; VAN MILGEN, J.; DUBOIS, S. et al. Energy utilization of low-protein diets in growing pigs. **Journal of Animal Science**. Champaign, v.79, n.5, p.1259-1271, 2001.
- 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, p.45-48, 2002.
- LOHMANN, A.C.; POZZA, P.C.; POZZA, M.S. dos S.; et al. Níveis de valina digestível para suínos machos castrados dos 15 aos 30 kg. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v. 61, n. 234, p. 268, 2012.
- LOPEZ, J.; JESSE, G.W.; BECKER, B.A. et al. Effect of temperature on the performance of finishing swine: effects of a hot, diurnal temperature on average daily gain, feed intake and feed efficiency. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.69, p.1843-1849, 1991.
- LORDELO, M.M.; GASPAR, A.M.; LE BELLEGO, L. et al. Isoleucine and valine supplementation of low-protein corn-wheat-soybean meal based diet for piglets: growth performance and nitrogen balance. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.86, p.2936-2941, 2008.

- MACARI, M.; FURLAN, R. L.; GONZALES, E. **Fisiologia aviária aplicada a frango de corte**. Jaboticabal: Ed. FUNEP/UNESP 1994, p. 246.
- MANNO, M.C.; OLIVEIRA, R.F.M.; DONZELE, J.L. et al. Efeitos da temperatura ambiente sobre o desempenho de suínos dos 30 aos 60 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.35, n.2, p.471-477, 2006.
- MENDONÇA Jr., C.X. Colesterol no Ovo – Possibilidades de sua Redução. In: SIMPÓSIO LATINO – AMERICANO DE NUTRIÇÃO DE SUÍNOS E AVES, Campinas. **Anais...** Campinas: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, 1996. p.87-117.
- MONGIN, P. Recent advances in dietary cation-anion balance: applications in poultry. **Proceedings of the Nutrition Society**, v.40, p.285-294, 1981.
- MROZ, Z.; BAKKER, G.C.M.; JONGBLOED, A.W. et al. Apparent digestibility of nutrients in diets with different energy density, as estimated by direct and marker methods for pigs with or without ileo-cecal cannulas. **Journal of Animal Science** Champaign, v.74. 403-412. 1966.
- NABER, E.C. Cholesterol content of eggs: can and should the industry try to change it? **Feedstuffs**, Bloomington, v.62, n.5, p.46-52, 1990.
- OLIVEIRA, V, de; FIALHO, E.T.; LIMA, J.A. de F. et al. Metabolismo do nitrogênio em suínos alimentados com dietas contendo baixos teores de proteína bruta. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.13, n.2, p.257-260, 2007.
- OLIVEIRA, V, de; FIALHO, E.T.; LIMA, J.A.F., et al. Teor de proteína no metabolismo do nitrogênio e da energia em suínos durante o crescimento. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 4, p. 866-874, 2005.
- ORLANDO, U.A.D.; OLIVEIRA, R.F.M.; DONZELE, J.L. et al. Níveis de proteína bruta e suplementação de aminoácidos em rações para leitões dos 30 aos 60 kg mantidas em ambiente de alta temperatura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.36, n.5, p.1573-1578, 2007.
- OTTO, E.R.; YOKORAMA, M.; KU, P.K. et al. Nitrogen balance and ileal amino acid digestibility in growing pigs fed diets reduced in protein concentration. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.81, n.7. p.1743-1753, 2003.
- 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**, Belo Horizonte, v.61, n.1, p.211-218, 2009.
- PATIENCE, J.F., UMBOHA J.F., CHAPLINB R.K. et al. Nutritional and physiological responses of growing pigs exposed to a diurnal pattern of heat stress. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v.96, p.205–214, 2005.

- PATIENCE, J.F.; CHAPLIN, R.K. The relationship among dietary undetermined anion, acid-base balance, and nutrient metabolism in swine. **Journal of Animal Science**, v.75, p.2445-2452, 1997.
- PEKAS, J. C. Versatile swine laboratory apparatus for physiologic and metabolic studies. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.27, n.2, p.1303-1306, 1968.
- QUINIYOU, N.; DUBOIS, S.; NOBLET, J. Effect of dietary crude protein level on protein and energy balances in growing pigs: comparison of two measurement methods. **Livestock Production Science**. Amsterdam, v.41, n.1, p.51-61. 1995.
- RIBEIRO Jr., J.I **Análise estatística no SAEG**. Viçosa: UFV, 2001, 301p.
- REECE, W.O. Respiração nos mamíferos. In: SWENSON, M.J.; REECE, W.O. **Dukes fisiologia dos animais domésticos**. 11° ed., Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A., 1996. p. 241-276.
- 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, MG: UFV, 186p, 2005.
- ROTH, F.X.; GPTTERBAR, G.G.; WINDISCH, W. et al. Influence of dietary level of dispensable amino acids on nitrogen balance and whole-body protein turnover in growing pigs. **Journal Physiology and Animal Nutrition**. Champaign, v.81, n.2, p.232-238, 1999.
- SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal: Funep, 2007, 59p.
- SCHIFFMAN, S. Livestock odors: Implications for human health and well-being. **Journal of Animal Science**. Champaign, v. 76, n.5, p. 1343-1355, 1998.
- 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 Animal Science**, Champaign, v. 81, n. 2, p. 492-502, 2003.
- SILVA, R.G. **Introdução à bioclimatologia animal**. São Paulo: Ed. Nobel, 2000. p.285.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3. ED. Viçosa: Ed. UFV, p. 235, 2002.
- TAVARES, S.L.S.; DONZELE, J.L.; OLIVEIRA, R.F.M. et al. Influência da temperatura ambiente sobre o desempenho e os parâmetros fisiológicos de suínos machos castrados dos 30 aos 60 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.29, p.199-205, 2000.
- TINÔCO, I.F.F. Avicultura industrial: Novos conceitos de materiais, concepções e técnicas construtivas disponíveis para galpões avícolas brasileiros. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v.3, n.1, p.01-26, 2001.

- TOLON, Y.; BARACHO, M.S.; NÄÄS, I. de A.; ROJAS, M. Ambiência térmica, aérea e acústica para reprodutores suínos. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.30, n.1, p.1-13, 2010.
- TUITOEK, K., YOUNG, L.G.; de; LANGE, C.F.M. et al. The effect of reducing excess dietary amino acids on growing-finishing pig performance: an evaluation of ideal protein concept. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.75, p.1575-1583, 1997.
- ZANGERONIMO, M. G.; FIALHO, E.T.; MURGAS, L.D.S.; Desempenho e excreção de nitrogênio de leitões dos 9 aos 25 kg alimentados com dietas com diferentes níveis de lisina digestível e proteína bruta. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.36, n.5, p.1382-1387, 2007a.
- ZANGERONIMO, M.G.; FIALHO, E.T.; MURGAS, L.D.S. et al. Efeito de níveis de lisina digestível verdadeira e proteína Bruta na dieta sobre parâmetros morfo-fisiológicos e utilização do nitrogênio em suínos na fase inicial. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.31, n.2, p. 506-513, 2007b.
- YAMASHITA, K.; ASHIDA, K. Lysine metabolism in rats fed lysine-free diet. **Journal of Nutrition**. Philadelphia, v.98, n.2, p.267-273., 1969.
- WEI, R.; ZIMMERMAN, D.R. An evaluation of the NRC (1998) growth model in estimating lysine requirements of barrows with a lean growth rate of 348 g/d. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.81, p.1772-1780, 2003.