

WALESKA DE MELO FERREIRA DANTAS

PERFIL BIOQUÍMICO SANGUÍNEO E GANHO DE PESO CORPORAL DE
SUÍNOS EM CRESCIMENTO ALIMENTADOS COM DIETAS CONTENDO
DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE FOSFATO BICÁLCICO MANTIDOS EM
ESTRESSE POR CALOR

Tese apresentada à Universidade
Federal de Viçosa, como parte das
exigências do Programa de Pós-
Graduação em Medicina
Veterinária, para obtenção do título
de Doctor Scientiae.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2014

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

D192p
2014

Dantas, Waleska de Melo Ferreira, 1973-

Perfil bioquímico sanguíneo e ganho de peso corporal de suínos em crescimento alimentados com dietas contendo diferentes concentrações de fosfato bicálcico mantidos em estresse por calor / Waleska de Melo Ferreira Dantas. – Viçosa, MG, 2014.

xii, 74f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Inclui anexo.

Orientador: José Dantas Ribeiro Filho.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Suíno - Alimentação e rações. 2. Perfil metabólico. 3. Estresse calórico. 4. Fósforo. I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Veterinária. Programa de Pós-graduação em Medicina Veterinária. II. Título.

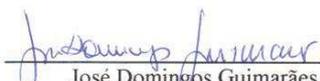
CDD 22. ed. 636.4

WALESKA DE MELO FERREIRA DANTAS

PERFIL BIOQUÍMICO SANGUÍNEO E GANHO DE PESO CORPORAL DE SUÍNOS EM CRESCIMENTO ALIMENTADOS COM DIETAS CONTENDO DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE FOSFATO BICÁLCICO MANTIDOS EM ESTRESSE POR CALOR

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Medicina Veterinária, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 06 de março de 2014.


José Domingos Guimarães
(Coorientador)


Felix Hilario Diaz Gonzalez


Tânia Toledo de Oliveira


Maria Aparecida Scatamburlo Moreira


José Dantas Ribeiro Filho
(Orientador)

Aos meus Pais, **Paiva e Sílvia** meu amor, meu carinho, meus exemplos, minha força e
minha gratidão.

Aos meus filhos, **Gabriel e Maitê**, razão de toda a minha vida.

Dedico.

Agradeço às agências de fomento Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES e Fundação de Apoio à pesquisa de Minas Gerais – FAPEMIG, na concessão da bolsa de doutorado e financiamento desta pesquisa.

AGRADECIMENTOS

A Deus, minha oração: Pai querido, Senhor de todas as coisas e criaturas, tua bondade Santa e misericórdia me trouxe até aqui. Obrigada pelas bênçãos recebidas, Obrigada por me fazer parte da tua morada, Obrigada por me dar a oportunidade de chegar até aqui. Sem a tua força e tua presença em minha vida, nada seria. Amém.

Ao meu Orientador, Prof. José Dantas pela paciência e dedicação, muito obrigada.

Aos professores José Domingos Guimarães e Simone Eliza Facioni Guimarães minha eterna gratidão pela confiança em mim depositada e por ter me proporcionado este treinamento.

Aos membros da banca examinadora, Prof. Félix González, Profa. Tânia e Profa. Maria Aparecida pela colaboração e sugestões científicas.

Aos funcionários do setor de Suinocultura, em especial o “Dedeco”, pelo profissionalismo, companheirismo e auxílio durante todo o período experimental.

Aos amigos Diego e Athina, vocês foram mais que amigos no decorrer desses quatro anos, me auxiliando em todas as horas, muito obrigada.

Aos colegas de experimento Leandro e Paulo, pelas horas, dias e meses juntos do período experimental. Durante esses dois anos e meio de experimento, compartilhamos alegrias e tristezas quando algo saía do nosso controle, mas vencemos e hoje é a minha vez. Obrigada.

Aos amigos da Univiçosa, Glaucia, Camila, Tatiana, Letícia, Edimara, Ricardo, Juliana, Selma e Rosi e, em especial a Sâmara pelo apoio incondicional nos bons e maus momentos, carinho e amizade, vocês fazem parte da minha vida, muito obrigada.

A Lucimar, que me acompanha em todas as jornadas, sejam elas legais ou quando tem que morrer de calor dentro da câmara climática..... “Companheira, amiga, irmã”, muito obrigada.

À Família Facioni Guimarães, minha família, meus irmãos, minha alegria, me sinto muito feliz e imensamente abençoada, por Deus ter me dado a oportunidade de conhecer e conviver com pessoas tão especiais, amo cada um de vocês.

A toda minha família, em especial aos meus irmãos, que mesmo longe torceram para que esse dia chegasse cada um do seu jeito e com amor e carinho sem igual, sinto muita falta de vocês e gostaria muito que estivessem aqui hoje. Amo vocês!!!!

A todos que contribuíram direta ou indiretamente para a conclusão desse trabalho.

BIOGRAFIA

Waleska de Melo Ferreira Dantas, filha de Francisco Ferreira de Paiva e Severina Sílvia de Melo Ferreira, nasceu em João Pessoa – PB em 09 de janeiro de 1973.

Graduou-se em Medicina Veterinária pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB) em julho de 1996.

Atuou como Médica Veterinária autônoma em Viçosa, MG de 1997 até 2010.

Em março de 2008, iniciou o Curso de Mestrado em Medicina Veterinária Universidade Federal de Viçosa, sob a orientação do Prof. Dr. José Dantas Ribeiro Filho, concentrando seus estudos na área de Bioquímica Clínica.

Em 11 de dezembro de 2009, defendeu a dissertação de mestrado e obteve o título de Magister Scientiae.

Em março de 2010, ingressou no Curso de Doutorado em Medicina Veterinária da Universidade Federal de Viçosa, na área de Bioquímica Clínica, sob a orientação do Prof. Dr José Dantas Ribeiro Filho.

Em julho de 2010, ingressou na carreira de docente na Faculdade de Ciências e Tecnologia - FAVIÇOSA, onde leciona as disciplinas de Laboratório Clínico Veterinário e Produção e Doenças Infecciosas de Cães e Gatos.

Em 06 de março de 2014, submeteu-se a defesa de tese para a obtenção do título de Doctor Scientiae.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS	ix
RESUMO	xi
ABSTRACT	xii
1. INTRODUÇÃO GERAL	01
2. REVISÃO DE LITERATURA	03
2.1. Suinocultura brasileira	03
2.2. Ambiente térmico e termorregulação em suínos	04
2.3. Nutrição de suínos	06
2.4. Perfil metabólico na avaliação nutricional	08
2.5. Eletrólitos	09
2.6. Compostos nitrogenados e função renal	12
2.7. Glicose e Lactato	13
2.8. Hormônios Tireoidianos e TSH	13
2.9. Atividade enzimática óssea	14
3. OBJETIVOS	
3.1. OBJETIVO GERAL	16
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
4. CAPÍTULOS	
4.1. CAPÍTULO I – Bioquímica clínica de suínos híbridos comerciais em crescimento	17
4.1.1. Resumo	17
4.1.2. Abstract	17
4.1.3. Introdução	18
4.1.4. Material e Métodos	19
4.1.5. Resultados e Discussão	20
4.1.6. Conclusões	25
4.1.7. Referências	26
4.2. CAPÍTULO II – Perfil metabólico e ponderal de leitões submetidos a dietas com diferentes teores de fósforo em	32

	ambientes térmicos distintos	
4.2.1.	Resumo	32
4.2.2.	Abstract	32
4.2.3.	Introdução	33
4.2.4.	Material e Métodos	34
4.2.5.	Resultados e Discussão	35
4.2.6.	Conclusões	41
4.2.7.	Referências	42
4.3.	CAPÍTULO III – Efeito dos teores de fósforo e ambiente sobre o perfil bioquímico sanguíneo e peso corporal de leitões	49
4.3.1.	Resumo	49
4.3.2.	Abstract	49
4.3.3.	Introdução	50
4.3.4.	Material e Métodos	51
4.3.5.	Resultados e Discussão	54
4.3.6.	Conclusões	61
4.3.7.	Referências	62
5.	CONCLUSÃO GERAL	64
6.	REFERÊNCIAS	65
7.	ANEXOS	73

LISTA DE TABELAS

Bioquímica clínica de suínos híbridos comerciais em crescimento

(Capítulo I)

Tabela 1	Composição percentual e calculada das rações experimentais para leitões em fase inicial (15 kg)	29
Tabela 2	Composição percentual e calculada das rações experimentais para leitões em fase de crescimento I (30 kg)	30
Tabela 3	Médias, desvio padrão, coeficiente de variação (CV), valor mínimo e máximo de constituintes bioquímicos séricos e plasmáticos de leitões híbridos comerciais em fase inicial (15 kg) e fase de crescimento I (30 Kg), mantidos em ambiente de conforto térmico	31

Perfil metabólico e ponderal de leitões submetidos a dietas com diferentes teores de fósforo em ambientes térmicos distintos

(Capítulo II)

Tabela 1	Composição percentual e calculada das rações experimentais para leitões em fase inicial (15 a 30 kg)	45
Tabela 2	Peso corporal, concentrações séricas de cloreto, fósforo, sódio, potássio, magnésio, cálcio total e diferença de íons fortes (DIF) de leitões em fase inicial submetidos aos tratamentos (dietas) e mantidos em ambiente termoneutro (24°C) e quente (34°C)	46
Tabela 3	Concentrações séricas de albumina, proteína total (PT), ureia, creatinina e concentrações plasmáticas de glicose e lactato de leitões em fase inicial submetidos aos tratamentos (dietas) e mantidos em ambiente termoneutro (24°C) e quente (34°C)	47

Tabela 4	Concentrações séricas de TSH, T ₄ livre, fosfatase alcalina total (FA) e fosfatase alcalina óssea (FAO) de leitões em fase inicial (15 aos 30 kg) submetidos aos tratamentos (dietas) e mantidos em ambiente termoneutro (24°C) e quente (34°C)	48
-----------------	--	----

Efeito dos teores de fósforo e ambiente sobre o perfil bioquímico sanguíneo e peso corporal de leitões

(Capítulo III)

Tabela 1	Composição percentual e calculada das rações experimentais de suínos em fase de crescimento I (30 a 60 kg)	53
Tabela 2	Peso corporal e concentrações séricas de cloreto, fósforo, sódio, potássio, magnésio total, cálcio total e Diferença de Íons Fortes (DIF) de leitões em fase de crescimento I (30-60kg) submetidos aos tratamentos (dietas) e mantidos em ambiente termoneutro (22°C) e quente (32°C)	56
Tabela 3	Concentrações séricas de albumina, proteína total (PT), ureia, creatinina e plasmática de glicose e lactato de leitões em fase de crescimento I (30-60kg) submetidos aos tratamentos (dietas) e mantidos em ambiente termoneutro (22°C) e quente (32°C)	59
Tabela 4	Concentrações séricas de TSH, T ₄ livre, fosfatase alcalina total (FA) e fosfatase alcalina óssea (FAO) de leitões em fase de crescimento I (30-60kg) submetidos aos tratamentos (dietas) e mantidos em ambiente termoneutro (22°C) e quente (32°C)	60

RESUMO

DANTAS, Waleska de Melo Ferreira, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, março de 2014. **Perfil bioquímico sanguíneo e ganho de peso corporal de suínos em crescimento alimentados com dietas contendo diferentes concentrações de fosfato bicálcico mantidos em estresse por calor.** Orientador: José Dantas Ribeiro Filho. Co-orientadores: José Domingos Guimarães e Simone Eliza Facioni Guimarães.

O objetivo deste trabalho foi traçar o perfil bioquímico sanguíneo, comparando as fase inicial (15 kg) e de crescimento I (30 kg) e avaliar o efeito de dietas, com diferentes teores de fósforo, sobre o perfil metabólico e peso corporal de leitões, mantidos em ambientes termoneutro (22 e 24°C) e quente (32 e 34°C). Utilizou-se 240 leitões, de linhagem comercial, machos castrados com peso corporal médio de 15 e 30 kg, distribuídos em blocos ao acaso, com cinco tratamentos e 12 repetições cada um, mantidos em dois ambientes: termoneutro e quente, sendo distribuídos 120 animais em cada faixa etária. Os tratamentos foram constituídos de dietas com 0,107 (dieta 1 - basal), 0,214 (dieta 2), 0,321 (dieta 3), 0,428 (dieta 4) e 0,535% (dieta 5) de fósforo disponível para os leitões em fase inicial (15 kg) e dietas com 0,116% (dieta 1 – basal), 0,211% (dieta 2); 0,306% (dieta 3); 0,401% (dieta 4); 0,496% (dieta 5) de fósforo disponível para leitões em fase de crescimento I (30 kg). No início e final das fases experimentais foi determinado o peso corporal e coletadas amostras de sangue para a mensuração de eletrólitos (sódio, potássio, cloreto, cálcio total, fósforo e magnésio), albumina, proteína total, substâncias nitrogenadas (ureia e creatinina), fosfatase alcalina total e ósea, T₄ livre, TSH, glicose e lactato. Conclui-se que em suínos existe a necessidade de considerar valores de referência para cada fase de crescimento, pois existe influência exercida pelo fator etário sobre o perfil bioquímico. O aumento nas concentrações de fósforo disponível na dieta promove maior ganho de peso corporal tanto no ambiente termoneutro (24°C) quanto no quente (34°C), apenas nos animais em fase inicial (15 kg). O aumento do fosfato na dieta promove o desequilíbrio da relação fisiológica do cálcio e fósforo sanguíneos, para ambas as fases estudadas. O ambiente quente promove alterações na homeostase e no ganho de peso corporal nas duas fases estudadas.

ABSTRACT

DANTAS, Waleska de Melo Ferreira, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, March, 2014. **Biochemical blood profile and body weight gain of growing pigs fed diets containing different concentrations of dicalcium phosphate kept under heat stress.** Adviser: José Dantas Ribeiro Filho. Co-advisers: José Domingos Guimarães and Simone Eliza Facioni Guimarães.

The aim of this study was to establish a blood biochemical profile, comparing the initial (15 kg) and growth I (30 kg) phase and evaluate the effect of diets, with different levels of phosphorus on the metabolic profile and body weight of piglets, maintained in a thermoneutral (22 to 24°C) and hot (32 to 34°C) environments. We used 240 piglets from a commercial line, castrated males with mean body weight of 15 kg and 30 kg, distributed in a randomized block with five treatments and 12 replications each, kept in two environments: thermoneutral and hot, distributed 120 animals in each age group. The treatments were constituted of diets with 0.107 (diet 1 - basal), 0.214 (diet 2), 0.321 (diet 3), 0.428 (diet 4) and 0.535% (diet 5) of available phosphorus for piglets in initial phase (15 kg) and diets with 0.116% (diet 1 - basal), 0.211% (diet 2), 0.306% (diet 3), 0.401% (diet 4), 0.496% (diet 5) of available phosphorus for piglets on growth stage I (30 kg). At the start and the end of experimental phases body weight was determined and blood samples were collected for the measurement of electrolytes (sodium, potassium, chloride, calcium, phosphorus and magnesium), albumin, total protein, nitrogenated metabolites (urea and creatinine), total and bone alkaline phosphatase, free T4, TSH, glucose and lactate. It is concluded reference values must be considered for each phase of growth in pigs, because the influence of the age factor in the biochemical profile. The increase in the concentrations of available phosphorus in the diet promotes greater body weight gain in both the thermoneutral (24°C) and in hot (34°C) environment, only in the initial growth (15 kg) phase. The hot environment promotes changes in homeostasis and body weight gain in both study phases.

1. INTRODUÇÃO GERAL

A carne suína é a mais consumida no mundo e possui características organolépticas singulares, bem como é uma excelente fonte proteica. A suinocultura vem crescendo a cada ano no Brasil, se tornando uma fonte geradora de empregos e ajudando a fixar cada vez mais o homem no campo, por ser um segmento produtivo que envolve vários setores da cadeia do agronegócio, como cultivo de grãos, indústrias de fertilizantes, indústria frigorífica, máquinas agrícolas, transporte, entre outros.

Com o melhoramento genético tem-se obtido carnes com maior qualidade em menor tempo de ganho de peso de suínos, tornando esta uma atividade de rápido retorno financeiro quando comparada a outras espécies animais de grande porte de produção de carne. Tem-se desenvolvido pesquisas a fim de maximizar o potencial genético desses animais, com menor conversão alimentar e menor teor de gordura. Dessa forma, buscam-se adequar as rações já existentes para cada fase de crescimento, visando minimizar os custos com a alimentação.

Um dos fatores que mais comprometem os custos de produção de carne são os gastos com a alimentação, o que corresponde entre 60 a 80% dos custos totais da produção de suínos. Sabe-se que a adição de fosfato bicálcico na ração é um dos fatores que elevam seu preço, pois outras fontes de fósforo na ração de suínos, já foram estudadas e não tem a mesma biodisponibilidade para produção de carne magra na carcaça. Também já é conhecido que os níveis de fósforo nas rações precisam ser restabelecidos, a fim de atender as exigências das novas gerações de suínos com alto potencial genético para deposição de carne magra na carcaça.

Outro fator importante é a temperatura ambiente, pois com o crescimento, aumenta a sensibilidade dos suínos ao calor por causa da maior deposição de gordura subcutânea e menor área de contato com o ambiente externo dificultando a perda de calor. Quando se utilizam linhagens com melhoramento genético para maior deposição de carne, este problema se agrava, visto que a deposição de tecido magro aumenta a produção de calor desses animais, tornando-os mais sensíveis a altas temperaturas.

Animais criados em temperaturas acima da considerada de conforto térmico podem reduzir de forma significativa a ingestão voluntária de alimento, traduzindo-se como um dos principais fatores que promovem redução no ganho de peso. No Brasil,

existem variações de temperatura e umidade entre as regiões, sendo temperaturas elevadas mais frequentes, fato desfavorável à produção de suínos. Com isso, se torna primordial o conhecimento das alterações fisiológicas e metabólicas as quais esses animais sofrem quando mantidos em ambientes quentes, demonstrando uma necessidade de se estudar novas práticas de nutrição como alternativa de reduzir os efeitos negativos do calor a fim de proporcionar o melhor ganho de peso na criação de suínos.

Com o advento da bioquímica clínica, podem-se realizar mensurações sanguíneas dos principais metabólitos relacionados à função renal, hepática, óssea, hormonal, metabolismo energético e equilíbrio eletrolítico. Sabe-se que essas análises podem refletir o estado de saúde e metabólico de um indivíduo ou de um rebanho, revelando alterações na homeostase antes que os animais mostrem sinais clínicos evidentes. Assim, podemos adequar os nutrientes de uma dieta de acordo com as necessidades do organismo animal, levando em consideração fatores como ambiente, idade, sexo e linhagem genética.

Neste contexto, estudos sobre diferentes concentrações de fosfato bicálcico nas rações de suínos em crescimento criados em diferentes ambientes térmicos estão sendo desenvolvidos para que se possa atingir o melhor ganho de peso desses animais, sem comprometer suas funções fisiológicas e mantendo seu bem-estar.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o perfil bioquímico sanguíneo e ganho de peso corporal de suínos alimentados com dietas contendo diferentes concentrações de fosfato bicálcico, em diferentes fases de crescimento, mantidos ou não em estresse calórico.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Suinocultura Brasileira

A produção de carne suína cresceu significativamente nesta última década, desde o consumo interno até sua produção e exportação. Em 15 anos, houve um crescimento de 600% nas exportações tornando o Brasil o 4º maior produtor e exportador mundial de carne suína. Ocorreu também o crescimento de consumo interno, passando de 13 para 15 kg per capita (ABICEPS, 2014). Com isso, a indústria suinícola gera atualmente, 186.606 empregos diretos e 405.272 empregos indiretos. Estima-se que mais de três milhões de pessoas no Brasil vivam e trabalham em função da suinocultura (IBGE, 2014). A cadeia do agronegócio é responsável por 33% do produto interno bruto (PIB), 42% das exportações totais e 37% dos empregos brasileiros. A produção total no ano de 2013 foi de 2.593.031 toneladas de carne suína. Desse total, 517.333 toneladas foram exportadas (MAPA, 2014).

Os principais estados responsáveis por esse crescimento são os estados de Santa Catarina, que se destaca por ser o maior exportador de cortes especializados, seguido pelo Paraná, Rio Grande do Sul, e Minas Gerais (ABICEPS, 2014). Já em relação à meia carcaça, o estado do Rio Grande do Sul é o líder seguido por Santa Catarina, Goiás, Paraná e Mato Grosso. Esses dados correspondem a valores de 1,3 bilhões de dólares só em exportações no ano de 2013 (ABICEPS, 2014). Estima-se que a produção de carne suína atinja crescimento médio anual de 2,84% até 2019, e o seu consumo de 1,79%. Em relação às exportações, a representatividade do mercado brasileiro de carne suína saltará de 10,1%, em 2008, para 21% em 2019 (MAPA, 2014).

Especialistas brasileiros também investiram na evolução genética da espécie por mais de 20 anos, que teve seu início no estado do Rio Grande do Sul e expandiu-se para outros estados da região Sul e Sudeste (Fávero & Figueiredo, 2009). O melhoramento genético é o resultado da aplicação de técnicas que alteram as frequências dos genes, visando o aumento da produtividade em determinados ambientes (Ferraz & Eler, 2010). Em se tratando de suínos, buscou-se primeiramente melhorar as características de ganho de peso e conversão alimentar. Com o passar dos anos, houve também o interesse junto aos produtores de melhorar a qualidade de carne, reduzindo a espessura de toucinho e

aumentando a deposição de carne magra na carcaça, a fim de atender as exigências do mercado nacional e, principalmente, do internacional (Fávero & Figueiredo, 2009). A partir dessa seleção, houve uma redução de 31% de gordura na carne, 10% do colesterol e 14% de calorias, tornando a carne suína brasileira mais magra e nutritiva, além de saborosa (MAPA, 2014).

2.2. Ambiente térmico e termorregulação em suínos

É importante considerar a temperatura ambiente como um dos principais elementos climáticos não só por causa do efeito direto sobre a intensidade das trocas térmicas, como indiretamente pela influência que exerce sobre os demais componentes do bioclima (Brêtas et al, 2009). Em suínos, existe uma zona denominada de termoneutra, na qual ocorre o mínimo de desperdício de energia. Há uma estreita faixa de temperatura de conforto, onde os limites superior e inferior são chamados de temperatura crítica superior e inferior. Desse modo, o conforto térmico é definido como uma faixa de temperatura ambiente ao qual a taxa metabólica é mínima e não ocorre sensação de frio ou calor e assim, irá ocorrer a otimização do desempenho animal (NRC, 1998).

Essa zona de conforto é dependente de diversos fatores, como peso, idade, estado fisiológico, alimentação, genética, e outros ligados ao ambiente como temperatura, umidade, energia radiante, tipo de acomodações, dentre outros. Devido a esses fatores, existem diferenças na literatura sobre a zona de conforto térmico e os limites de temperatura crítica inferior e superior para as diferentes fases de crescimento de suínos (Saraiva et al., 2003).

Os suínos são animais que sofrem com o calor, pois, são incapazes de transpirar quando a temperatura do ambiente se aproxima da temperatura corporal, pois, sob essas condições o calor só pode ser perdido por evaporação. Esse fato ocorre por terem glândulas sudoríparas afuncionais, e a forma mais eficiente para aumentar a perda de calor, é aumentando a frequência respiratória (Le Dividich et al., 1998). Sabe-se que a temperatura ambiente reduz de forma significativa à ingestão voluntária de ração e é considerada um dos principais fatores que promovem queda no desempenho dos animais (Alebrante et al., 2011b). A fase de crescimento do suíno também influencia o

desempenho diante de temperaturas elevadas, pois de acordo com o NRC (1988), o peso do animal é altamente correlacionado com a porcentagem de gordura. Coffey et al. (2000), estabeleceram que a faixa de temperatura na qual o suíno em crescimento está em conforto térmico é entre 18 e 28°C. Porém, a faixa de conforto térmico pode variar de acordo com a linhagem genética.

Diversos estudos já foram realizados, a fim de estabelecer qual a melhor e maior amplitude de conforto térmico é favorável para maximizar o ganho de peso de suínos em crescimento, sem comprometer seu bem-estar (Rinaldo et al., 2000; Orlando et al., 2005; Manno et al., 2006; Orlando et al., 2006; Lima et al., 2009; Liu et al., 2009). A partir dessas informações, pesquisas tem sido realizadas visando avaliar a influência do ambiente térmico sobre o desempenho dos animais (Saraiva et al., 2003; Kiefer et al., 2009; Alebrante et al., 2011ab) e buscar alternativas que tornem o ambiente favorável ao sistema de criação de suínos.

Tavares et al. (1999), avaliaram os efeitos sobre o desempenho e variáveis fisiológicas de leitoas dos 30 aos 60 kg, recebendo diferentes níveis de energia digestível em temperatura de conforto térmico e quente e concluíram que os animais estressados por calor apresentaram ajustes fisiológicos que permitiram a manutenção da conversão alimentar, da utilização de proteína e energia da ração, em níveis semelhantes aos submetidos ao conforto térmico. No entanto, houve redução de consumo de ração e menor ganho de peso. Por sua vez, Quiniou et al. (2000) concluíram que animais mais pesados são mais sensíveis aos efeitos da temperatura alta, com consequente redução de consumo de ração e diminuição do peso corporal. Manno et al. (2006), realizaram um estudo com suínos em crescimento entre 30-60 kg submetidos a ambiente quente e concluíram que altas temperaturas influenciam negativamente o ganho de peso, mas mantém a deposição de proteína na carcaça. Porém os efeitos das altas temperaturas não se restringem ao ganho de peso e consumo de ração.

O ambiente quente aumenta a exigência de energia para manutenção, quando comparado à temperatura de conforto térmico, visto que maior quantidade desta energia é utilizada para dissipar calor, principalmente pelo aumento da frequência respiratória. Com isso, menos energia estará disponível para o crescimento dos animais (Brêtas et al., 2011). Manno et al. (2005) realizaram um estudo para determinar a influência do ambiente térmico no desempenho, na composição de carcaça e em parâmetros

fisiológicos de suínos mestiços entre 15 e 30 kg e concluíram que ambientes quentes reduzem o consumo de ração, influenciando negativamente o ganho de peso, a conversão alimentar, além de aumentar a frequência respiratória e temperatura retal dos animais estudados. Brêtas et al. (2009) fizeram um estudo com suínos na fase de crescimento II (terminação) em ambiente quente utilizando dietas com diferentes balanços eletrolíticos e observaram que os suínos que receberam suplementação de eletrólitos, apresentaram um aumento médio de 3,24% no consumo de ração em relação aos que não foram suplementados.

Estudos sobre efeitos do ambiente em relação à nutrição são de grande importância e tem sido amplamente avaliado. Neste sentido, a identificação da necessidade de nutrientes na condição quente irá permitir a formulação de dietas que fornecem a quantidade adequada de nutrientes de acordo com a capacidade de consumo de ração de suínos nestas condições ambientais (Alebrante et al., 2011b).

2.3. Nutrição de suínos

A alimentação é o principal fator de competitividade na suinocultura brasileira (Miele et al., 2011). Até o ano de 2013, a alimentação correspondia entre 60 a 80% do custo total na produção de suínos, variando de acordo com a região ou estado (ABCS, 2014). A formulação de rações para suínos é feita à base de milho e farelo de soja e suas exigências nutricionais são atendidas de acordo com diversos fatores como ração, linhagem, sexo, fase de crescimento, nível energético, temperatura ambiente, entre outros (Rostagno et al., 2005).

Em suínos em crescimento, o processo metabólico mais importante é a retenção de nitrogênio, representada pela deposição de carne magra na carcaça (Abreu, 2007). O primeiro passo para melhorar o desempenho de suínos é adotar dietas múltiplas com base no NRC (1998) ou ainda nas tabelas brasileiras (Rostagno et al., 2005), que tem como finalidade atender os requerimentos nutricionais de cada fase de crescimento. Devem ser evitadas concentrações altas de cálcio e fósforo que podem afetar o desempenho dos animais, assim como aumentar a contaminação ambiental. A relação cálcio:fósforo da dieta deverá ser mantida próxima de 1,2:1. Com relação as exigências

de sódio, potássio e cloreto, não se encontram informações experimentais disponíveis sobre suas exigências (Rostagno et al., 2005).

De acordo com Stahly (2000), a concentração adequada de fósforo (P) na dieta é aquela que irá proporcionar maior deposição de tecido muscular e ainda manter o seu estoque nos ossos. Quando recebem quantidades baixas de P dietético, suínos com alta capacidade para deposição de carne magra irão mobilizar P dos ossos e, até um determinado nível, do músculo, mas não o suficiente para aperfeiçoar seu desempenho.

Dentre os nutrientes de maior importância que compõem as rações, o fósforo está envolvido nos processos metabólicos de obtenção de energia das células, sob a forma de ATP (Gibney et al., 2006) e também é o responsável por diversas reações do organismo (Mafra & Cozzolino, 2011). O fósforo é um mineral essencial no metabolismo dos animais, onde desempenha importantes funções no organismo, como desenvolvimento e manutenção da estrutura óssea, bem como no metabolismo celular (Saraiva et al., 2009). Em pesquisas no campo zootécnico, tem-se buscando estratégias na alimentação para adequar os níveis do fósforo ao melhoramento genético, sem o comprometimento da sua fisiologia e manutenção do bem-estar (Saraiva et al., 2009; Dantas et al., 2010; Alebrante et al., 2011a).

Suínos de diferentes potenciais genéticos para deposição de carne magra na carcaça apresentam diferenças em suas exigências de minerais (Hendricks, 1993). O fósforo representa de 20 a 50% dos custos com suplementos minerais e vitamínicos e até 1,5% dos gastos com alimentação de suínos (Teixeira et al., 2004). Saraiva et al. (2009) realizaram um estudo com suínos em crescimento, com 15 a 30 kg, a fim de verificar a melhor concentração de fósforo na dieta, e observaram melhores resultados nos animais que receberam dietas com 0,509 e 0,477%, respectivamente, de fósforo disponível. Alebrante et al. (2011ab) em um estudo com animais da mesma fase de crescimento com alto potencial genético para deposição de carne magra na carcaça em ambiente termoneutro e calor, obtiveram melhores resultados com 0,443, 0,461 e 0,525% de fósforo disponível em ambiente termoneutro e com 0,477, 0,457 e 0,529% de fósforo disponível em ambiente quente. Dantas et al. (2010), realizaram um trabalho com suínos híbridos comerciais (linhagem TOPIGS) em fase de terminação II e o melhor resultado no ganho de peso ocorreu com teores de 0,330% de fósforo disponível.

Arouca et al. (2010) trabalhando com a mesma fase de crescimento, porém com outra linhagem comercial (Agroceres-Pic) obtiveram resultados semelhantes.

2.4. Perfil Metabólico na Avaliação Nutricional

A avaliação do status nutricional de um rebanho pode ser realizada mediante a determinação de alguns metabólitos sanguíneos. A partir do surgimento do termo perfil metabólico, a química sanguínea passou a ter maior interesse no campo zootécnico (Peixoto & Osório, 2007). O termo perfil metabólico, foi empregado por Payne et al. (1970), se referindo ao estudo de componentes hematológicos e bioquímicos específicos em vacas leiteiras, com o intuito de avaliar, diagnosticar e prevenir transtornos metabólicos e servindo também como indicador do estado nutricional.

No Brasil, esta metodologia se difundiu e outros autores passaram a utilizá-la inclusive para outras espécies animais, como suínos (Dantas et al., 2010), ovinos (Ribeiro et al., 2003; Bezerra, 2006; Brito et al., 2006) e bovinos (González et al., 2000; Alves et al., 2004).

Os perfis bioquímicos do plasma e soro sanguíneos podem ser utilizados não somente para avaliação clínica individual, mas também para avaliar e monitorar a condição nutricional e metabólica em grupos de animais. Quando interpretado adequadamente, o perfil bioquímico do plasma ou soro sanguíneo fornece importante informação a respeito do estado clínico, metabólico e produtivo do animal. Com a introdução de novas técnicas, a disponibilidade de instrumental automatizado e uma crescente compreensão da fisiologia das doenças, o uso de testes laboratoriais como apoio para prevenção, avaliação e monitoramento das enfermidades dos animais domésticos, tem se mostrado indispensável (González, 1997).

Segundo Bezerra (2006) uma das maiores dificuldades da utilização da bioquímica clínica é a sua interpretação, devido à falta de valores de referência adequados. Este mesmo autor afirma que há uma variação de resultados obtidos, dependendo da idade do animal, raça, estado fisiológico, clima, época do ano, entre outros.

As análises sanguíneas servem como um primeiro sinal de alerta diante do problema metabólico, para que, em casos de detectar uma alteração, possam ser

realizados os diagnósticos pertinentes e assim, corrigir oportuna e precocemente a situação (Kaneko et al., 2008).

Embora a bioquímica sanguínea tenha sido mais frequentemente usada para rotina diagnóstica em bovinos e ovelhas, ela também pode ser utilizada em suínos. Entretanto, para ser aplicada como um instrumento diagnóstico se faz necessário primeiramente identificar os valores que são sensíveis o suficiente para detectar mudanças no estado de saúde de suínos e secundariamente, ter valores de referência confiáveis (Verheyen et al., 2007). Para uma adequada interpretação dos valores encontrados no perfil metabólico sanguíneo, deve-se ter um conhecimento adequado da fisiologia e bioquímica animal, além de conhecer a fonte e a função de cada um dos metabólitos avaliados. Outro fator importante é saber diferenciá-los nas diferentes fases da vida, constituindo a base para a avaliação das alterações patológicas nos quadros mórbidos, facilitando o diagnóstico das enfermidades.

2.5. Eletrólitos

Os principais cátions do organismo são o sódio, potássio, cálcio e magnésio; e os ânions são o cloreto, bicarbonato e fosfatos (Kaneko et al., 2008). A manutenção do equilíbrio ácido base 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 (Di Bartola et al., 2012).

O sódio é o principal cátion presente no líquido extracelular, sendo considerado o principal eletrólito responsável pela manutenção da pressão osmótica e essencial para o potencial de membrana celular, atuando na contração muscular e transmissão do impulso nervoso (Cunningham, 2008). A regulação do sódio no organismo está diretamente ligada a sua ingestão na dieta e excreção pelos rins (Di Bartola, 2012). Por isso, uma alimentação balanceada com níveis de carboidratos e aminoácidos essenciais adequados, facilita a absorção do sódio no intestino delgado, por exercerem a função de cotransportadores do sódio para o interior dos enterócitos (Smith, 2009).

Em um estudo realizado por Kiefer et al. (2010) avaliando balanço eletrolítico e níveis de sódio da dietas de leitões de 8 a 25 kg em ambiente quente sobre o

desempenho desses animais, observaram que a exigência de sódio adequada para esta categoria de animais foi de 0,136% de sódio, equivalente a 131 mEq de balanço eletrolítico por quilograma de ração. Pesquisas vem sendo realizadas para estabelecer as exigências de sódio da dieta de suínos nas diferentes fases de crescimento, porém ainda existe uma variação muito ampla entre as principais publicações (NRC, 1998; Rostagno et al., 2000; Rostagno et al., 2005). O que é preconizado entre os autores citados, é que suínos mais leves exigem um percentual maior de sódio em relação aos mais pesados.

O potássio é um cátion predominantemente intracelular, com uma concentração neste compartimento ao redor de 23 vezes maior que no espaço extracelular. Mesmo pequenas alterações no teor de potássio extracelular afetam profundamente as funções do sistema cardiovascular e neuromuscular. O potássio tem duas funções fisiológicas principais, que são: atuar na regulação de muitos processos metabólicos celulares e participar na excitação neuromuscular (Murray, 2013).

Os cloretos são os ânions mais abundantes do líquido extracelular. Juntamente com o sódio, os cloretos desempenham importante papel na manutenção da distribuição de água no organismo, da pressão osmótica do plasma e na neutralidade elétrica. É quase todo absorvido no sistema digestório sendo o excesso excretado na urina. A reabsorção do sódio é limitada pela quantidade de cloretos disponíveis no sangue (Motta, 2009)

Neste contexto, o balanço eletrolítico de rações para suínos vem sendo amplamente estudado a fim de verificar a necessidade de ajustes para os diferentes ambientes térmicos: conforto e calor (Kiefer et al., 2010; Brêtas et al., 2011; Fonseca et al., 2012). Os três principais íons envolvidos nos processos metabólicos são os cátions sódio (Na^+) e potássio (K^+) e o ânion cloreto (Cl^-), devido a maior absorção desses íons em relação aos demais. Dessa forma, os eletrólitos da dieta exercem influência no equilíbrio ácido base e, conseqüentemente, afetam processos metabólicos relacionados ao crescimento, à resistência a doenças, à adaptação ao estresse e aos parâmetros de desempenho (Vieites et al., 2005). De acordo com a concentração desses elementos na dieta para a manutenção do equilíbrio eletrolítico dos fluidos orgânicos, podem tornar as dietas acidogênicas ou alcalinogênicas, podendo influenciar mecanismos fisiológicos de regulação, como o funcionamento do sistema digestório que afeta o consumo e, conseqüentemente, o desempenho dos suínos (Meschy, 1998).

Modificações na síntese e deposição de tecido corporal, podem resultar em mudanças na alimentação voluntária e necessidade nutricional de suínos em crescimento. Nesse aspecto, um nutriente essencial encontrado nas rações que varia de acordo com o potencial genético de suínos é o fósforo (Saraiva et al., 2009). Por sua vez, suínos na fase inicial de crescimento priorizam o desenvolvimento do tecido ósseo e muscular em relação ao lipídico (Shields Jr. et al., 1983). O fósforo é o segundo mineral mais abundante no organismo animal e sua maior concentração é encontrada no tecido ósseo (80%) juntamente com o cálcio, sendo responsável pela formação e manutenção da estrutura óssea. O restante do fósforo (20%) é distribuído em tecidos moles e fluidos corporais onde é essencial para exercer funções essenciais do organismo, como gerar energia sob a forma de ATP (Nelson & Cox, 2011).

Devido a esta conexão com a energia metabólica (depósito e transferência de ATP), o fósforo também é importante para o crescimento muscular, o qual quantitativamente constitui a segunda maior reserva deste mineral (Sthaly, 2000). O fósforo ainda atua como componente dos ácidos nucleicos (DNA e RNA), que são essenciais para o crescimento e a diferenciação celular e, juntamente com outros elementos, participam na manutenção da pressão osmótica e do equilíbrio ácido base. Como um componente dos fosfolípidos, contribui para fluidez e integridade da membrana celular (Saraiva et al., 2009).

Diante do exposto, torna-se necessário determinar a necessidade nutricional do fósforo das diferentes linhagens comerciais atuais, nas diferentes fases de crescimento e ambiente térmico aos quais esses animais serão criados, a fim de propiciar a expressão máxima do seu potencial genético. Vale ressaltar a importância de se manter a relação cálcio:fósforo (Ca:P) adequadamente nas dietas para que não ocorram desequilíbrios no metabolismo ósseo. As exigências nutricionais e a composição óssea devem manter a relação Ca:P próxima de 2:1, considerada ótima fisiologicamente, sob o ponto de vista nutricional e metabólico, bem como da mineralização óssea (Veloso et al., 2000).

O magnésio no organismo pode estar associado ao cálcio e fósforo nos ossos e sua concentração fisiológica pode variar de acordo com a espécie (Kaneko et al., 2008), como também sua absorção pode ser afetada pela quantidade de cálcio e fósforo da dieta (Motta, 2009). O magnésio é o principal cátion intracelular livre no citosol, e diversos estudos clínicos de nutrição e fisiologia vêm sendo desenvolvidos, devido a este mineral

afetar muitas funções celulares, incluindo transporte de íons potássio e cálcio, além de modular sinais de transdução, metabolismo de energia e proliferação celular. A principal função do magnésio é estabilizar a estrutura do ATP no músculo e em outros tecidos moles (Gibney, 2006; Henry, 2008). O magnésio é absorvido, sobretudo no íleo e cólon, sendo que 30-50% são absorvidos principalmente por um mecanismo paracelular passivo e seu equilíbrio é mantido pela regulação da excreção urinária. A ação de hormônios da tireóide, a acidose, a aldosterona e a depleção de fosfato e potássio aumentam sua excreção. De 20 a 30% do magnésio presente no osso são livremente intercambiáveis com o do plasma mantendo as concentrações plasmáticas.

2.6. Compostos Nitrogenados e Função Renal

Os rins desempenham funções primordiais no organismo, que são a eliminação de produtos terminais do metabolismo orgânico, como ureia, creatinina e ácido úrico, dentre outros, controle das concentrações da água e da maioria dos constituintes dos líquidos do organismo, tais como sódio, potássio, cloro, bicarbonato e fosfatos, regulação do equilíbrio ácido base e produção de alguns hormônios (Guyton & Hall, 2002). A dosagem dessas substâncias na rotina laboratorial faz parte do estudo do “status” renal do paciente. Esses compostos compreendem ao redor de 90% das substâncias não nitrogenadas na urina (Motta, 2009).

A ureia é o principal produto do catabolismo de compostos nitrogenados em mamíferos, em especial das proteínas e seu teor no sangue pode expressar o estado nutricional do animal, o balanço proteico dietético e ainda constituir um método de determinação de requerimento de aminoácidos em diversas espécies (Henry, 2008; Kaneko et al., 2008). A ureia é excretada pela urina, embora 40-70% seja reabsorvida por difusão passiva pelos túbulos. Um quarto da ureia é metabolizada no intestino para formar amônia e CO₂ pela ação da microbiota fisiológica. O nível de ureia no plasma é afetado pela função renal, conteúdo proteico da dieta e teor do catabolismo proteico, estado de hidratação do paciente e presença de sangramento intestinal. Apesar dessas limitações, entretanto, o nível de ureia ainda serve como índice preditivo da insuficiência renal sintomática e no estabelecimento de diagnóstico na distinção entre várias causas de insuficiência renal (Murray, 2013). Alguns trabalhos descritos na

literatura demonstram altas variações de valores de ureia sanguínea e são conflitantes em estabelecer se o nível desse composto no sangue é um bom indicativo das exigências dos suínos em relação ao nutriente proteína/aminoácido (See et al., 2004; Parra, 2006; Abreu et al., 2007).

A creatinina é produzida como resultado da desidratação não enzimática da creatina muscular. A quantidade de creatinina excretada diariamente é proporcional à massa muscular e não é afetada pela dieta, idade ou sexo, correspondendo a 2% das reservas corpóreas da creatina fosfato. A concentração de creatinina sérica é uma excelente medida para avaliar a função renal. Os teores de creatinina sérica são mais sensíveis e específicos do que a medida da concentração da ureia no estudo da velocidade de filtração glomerular reduzida (Motta, 2009; Scheffer & González, 2008; Murray, 2013).

2.7. Glicose e Lactato

A glicose é o carboidrato mais importante, é o principal combustível metabólico dos tecidos dos mamíferos. Ela é precursora da síntese de todos os outros carboidratos do organismo, inclusive do glicogênio (Murray, 2013). Entre as espécies, a glicose é a maior contribuição de energia sanguínea fornecida aos músculos e parte dessa glicose é liberada a partir do lactato (Hocquette et al., 1998).

A concentração do lactato sanguíneo é dependente da sua produção e degradação no fígado, rins e músculos esqueléticos (Henry, 2008). O lactato é o produto final metabolismo anaeróbico da glicólise e é produzido pela redução do piruvato. A proporção normal entre o piruvato e o lactato é de aproximadamente 20:1. Embora o lactato seja produzido em todos os tecidos, o músculo esquelético, cérebro, eritrócitos e a medula renal são responsáveis pela maioria de sua produção (Fall & Szerlip, 2005).

A mensuração do lactato plasmático tem sido amplamente utilizada para avaliação de estresse, qualidade de carne e controle do bem-estar animal em suínos (Ludtke et al., 2010; Baptista et al., 2011).

2.8. Hormônios Tireoidianos e TSH

A biossíntese e a liberação dos hormônios da tireóide a partir de tireoglobulina são controladas pela tireotrofina (TSH), um hormônio glicoproteico sintetizado na hipófise anterior. Por sua vez, o TSH é regulado pelo hipotálamo por retroalimentação negativa a partir dos hormônios da tireoide (Henry, 2008). A síntese dos hormônios tireoidianos envolve várias etapas onde o iodo inorgânico é transformado em produtos ativos: T₃ e T₄. A tiroxina e a triiodotironina são armazenadas no interior da glândula tireoide e liberadas por hidrólise enzimática da tireoglobulina, que é apresentada na forma de gotículas coloidais (Motta, 2009).

Os hormônios da tireoide agem diretamente na célula, penetrando na membrana e interagindo diretamente com o núcleo para iniciar a transcrição do RNA mensageiro. São determinantes primários do metabolismo basal, aumentando o consumo de oxigênio dos tecidos, elevando a produção de calor, conhecido por alguns autores como efeito calorigênico. Afetam o metabolismo dos carboidratos por diversas vias, incluindo a absorção intestinal da glicose, facilitando sua captação pela insulina. Atuam junto aos hormônios de crescimento através do aumento da captação de aminoácidos por tecidos e sistemas enzimáticos que estão envolvidos na síntese proteica (Cunningham, 2008). Em um estudo feito por Li et al. (2008), avaliando duas raças distintas de suínos submetidas a transporte para o abate, foi verificado que o estresse também exerce influência negativa nos hormônios tireoidianos, fazendo com que ocorra a diminuição das suas concentrações sanguíneas.

2.9. Atividade enzimática óssea

O esqueleto é um órgão metabolicamente ativo que sofre remodelamento contínuo ao longo do tempo. Este remodelamento é necessário tanto para manter a integridade estrutural do esqueleto como para atender suas funções metabólicas como reservas de cálcio e fósforo (Guyton & Hall, 2002).

Os marcadores da formação óssea incluem a fosfatase alcalina e três subprodutos da síntese da matriz extracelular, incluindo a osteocalcina e os peptídeos de extensão amino e carboxiterminais do procolágeno I (Henry, 2008). A fosfatase alcalina é uma enzima que catalisa a hidrólise de ésteres de fosfato, com vida média no sangue de 24 a 48 horas. Sua concentração sérica tem sido amplamente utilizada como

marcador da remodelagem óssea. Entretanto, a medida de sua atividade envolve grande variedade de isoenzimas que se originam dos intestinos, rins, pâncreas, placenta, fígado e osso, as duas maiores fontes desta enzima são o osso (osteoblasto) e o fígado (Teixeira et al., 2004).

A fosfatase alcalina óssea (FAO) reflete o estado metabólico dos osteoblastos, que por sua vez, tem função de formação óssea durante toda a vida do indivíduo. É considerado um importante marcador de formação óssea, mais precisa que a osteocalcina (Cunningham, 2008). Os estudos realizados tem demonstrado que a quantidade de atividade de fosfatase alcalina óssea nos osteoblastos e nos ossos é proporcional à formação de colágeno, assim ela pode fornecer um índice da taxa de formação óssea (Farley, 1994).

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo Geral

- O objetivo deste estudo foi de estabelecer e comparar o perfil sérico e plasmático de constituintes sanguíneos para suínos híbridos comerciais sadios, em fase inicial (15 kg) e fase de crescimento I (30 kg) e avaliar o efeito da dieta contendo diferentes níveis de fosfato bicálcico na dieta nesses animais, mantidos em ambiente de conforto térmico (24° e 22°C, respectivamente) e quente (34° e 32°C, respectivamente), a fim de contribuir para a produção comercial desses animais para o máximo aproveitamento de suas habilidades genéticas para deposição de carne magra na carcaça, sem comprometer suas funções fisiológicas e seu bem-estar.

3.2. Objetivos Específicos

- Determinar e comparar valores de referência do perfil sérico e plasmático de alguns constituintes sanguíneos para suínos híbridos comerciais, sadios, em diferentes fases de crescimento (15 e 30 kg).
- Avaliar o efeito da dieta com diferentes concentrações de fosfato bicálcico sobre componentes bioquímicos sanguíneos em leitões de fase inicial (15 aos 30 kg) mantidos em ambientes termoneutro (24°C) e quente (34°C).
- Avaliar o efeito da dieta com diferentes concentrações de fosfato bicálcico sobre componentes bioquímicos sanguíneos em leitões de fase crescimento I (30 aos 60 kg) mantidos em ambientes termoneutro (22°C) e quente (34°C).

4. CAPÍTULOS

4.1. CAPÍTULO I

Bioquímica clínica de suínos híbridos comerciais em crescimento¹

Resumo - O objetivo deste estudo foi traçar e comparar o perfil bioquímico sanguíneo de suínos na fase inicial (15 kg) e fase de crescimento I (30 kg). Foram utilizados 240 suínos, machos castrados, com peso inicial de $15,01 \pm 0,63$ kg (fase inicial) e $30,02 \pm 0,84$ kg (fase de crescimento I), alojados em câmaras climáticas, mantidos em temperatura de conforto térmico de acordo com seu peso corporal. O sangue foi coletado através de punção venosa no sinus orbital, com agulhas hipodérmicas 40x16. As amostras foram acondicionadas em frascos contendo fluoreto de sódio, para obtenção de plasma e sem anticoagulante para obtenção de soro. Foram mensurados sódio, potássio, cloreto, fósforo, cálcio, magnésio, albumina, proteína sérica total, ureia, creatinina, fosfatase alcalina total e óssea, TSH e T4 livre no soro e glicose e lactato no plasma. Na fase de crescimento I detectou-se maior valor na concentração de sódio, ureia, proteínas totais, albumina, T4 livre e menor valor na concentração no potássio, cloreto, cálcio, magnésio, glicose, lactato, fosfatase alcalina óssea e total em relação à fase inicial. Conclui-se que em suínos existe a necessidade de se considerar valores de referência para cada fase de crescimento, pois existe influência exercida pelo fator etário sobre o perfil bioquímico.

Termos para indexação: Valor de referência, Constituintes bioquímicos, Leitões.

Clinical biochemistry of crossbreed growing pigs

Abstract: The aim of this study was to establish and compare the blood biochemical profile of crossbred pigs in the initial phase (15 kg) and growth phase I (30 kg). Two hundred and forth barrow pigs, with initial weight of 15.01 ± 0.63 kg (initial phase) and 30.02 ± 0.84 kg (growth phase I) were used. They were housed in environmental chambers maintained at a temperature of thermal comfort according to their body

¹ Artigo redigido conforme as normas da Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira

weight. Blood collection was performed by venipuncture in the orbital sinus with hypodermic needles 40x16. The samples were placed in vials containing sodium fluoride to obtain plasma and without anticoagulant to obtain serum. Sodium, potassium, chloride, phosphorus, calcium, magnesium, albumin, total serum protein, urea, creatinine, total and bone alkaline phosphatase, free T₄ and TSH levels were measured in serum and glucose and lactate in plasma. In the growth phase I were found to be highest value in sodium, urea, total protein, albumin, free T₄ and a lower concentration in the potassium, chloride, calcium, magnesium, glucose, lactate, bone and total alkaline phosphatase in relation to initial phase. We conclude that in pigs there is a need to consider reference values for each growth phase, because there is influence of the age factor on the biochemical profile.

Index terms: Reference value, Biochemical constituents, Piglets.

Introdução

A avaliação do status nutricional de um rebanho pode ser realizada mediante a determinação de alguns metabólitos sanguíneos. A partir do surgimento do termo perfil metabólico, a química sanguínea passou a ter maior interesse no campo zootécnico (Peixoto & Osório, 2007). O termo perfil metabólico, foi empregado por Payne et al. (1970), se referindo ao estudo de componentes hematológicos e bioquímicos específicos em vacas leiteiras, com o intuito de avaliar, diagnosticar e prevenir transtornos metabólicos e servindo também como indicador do estado nutricional. Esta metodologia se difundiu e outros autores no Brasil passaram a utilizá-la inclusive para outras espécies animais, como suínos (Dantas et al., 2010), ovinos (Ribeiro et al., 2003; Brito et al., 2006) e bovinos (Alves et al., 2004).

Segundo Bezerra et al. (2010), uma das maiores dificuldades da utilização da bioquímica clínica é a sua interpretação, devido à falta de valores de referência adequados. Esses autores afirmaram que há uma variação de resultados obtidos, dependendo da idade do animal, raça, estado fisiológico, clima, época do ano, entre outros.

Para uma adequada interpretação dos valores encontrados no perfil metabólico sanguíneo, é necessário conhecer além do valor de referência, a origem e a função de cada um dos metabólitos avaliados. Outro fator importante é saber diferenciar essas

variáveis nas diferentes fases da vida do animal, constituindo a base para a avaliação das alterações patológicas nos quadros mórbidos, facilitando o diagnóstico e prognóstico das enfermidades. Além disso, o perfil metabólico permite detectar alterações na homeostase que sofrem influência direta do balanço nutricional (Weiss & Wardrop, 2010).

Diante desses fatos, torna-se imprescindível estabelecer valores bioquímicos sanguíneos, em grupos de animais, levando em consideração as condições nutricionais, ambientais, o sexo e a idade. O objetivo do presente ensaio foi estabelecer e comparar alguns constituintes do perfil bioquímico sanguíneo de suínos híbridos comerciais na fase inicial (15 kg) e de crescimento I (30 kg).

Material e Métodos

O experimento foi conduzido em câmaras climáticas, com controle automatizado de temperatura e umidade, do laboratório de Bioclimatologia Animal, com animais provenientes da Granja de Melhoramento Genético do Departamento de Zootecnia. As análises laboratoriais foram realizadas no Laboratório de Apoio à Pesquisa do Departamento de Veterinária da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, MG.

Foram utilizados 240 suínos híbridos comerciais (machos castrados), divididos em duas fases com 120 animais cada, com peso inicial de $15,01 \pm 0,63$ kg (fase inicial) e $30,02 \pm 0,84$ kg (fase de crescimento I). A seleção foi feita de acordo com a homogeneidade do peso para cada etapa de crescimento e os animais permaneceram alojados em gaiolas metálicas suspensas com dois animais cada, com piso e laterais teladas, dotadas de comedouros semiautomáticos e bebedouros tipo chupeta, em sala climatizada, construída em alvenaria, com piso de concreto, coberta com telhas de cerâmica, forração em madeira e janelas de vidro. A temperatura foi controlada por meio de aquecedores elétricos, modelo Seletro e, dois aparelhos de ar condicionado de 18.000 BTUs. Os aparelhos de ar condicionados permaneceram ligados a um termostato regulado para temperatura desejada, a qual se manteve estável em torno de $24,5 \pm 1,2$ °C com umidade relativa de $76,3 \pm 8,5\%$ para leitões em fase inicial (15 kg) e de $21,86 \pm 1,1$ °C com umidade relativa de $76,9 \pm 8,2\%$ para leitões em fase de crescimento I (30 kg).

Houve um período de adaptação de seis horas antes da coleta de sangue, onde permaneceram alimentados com ração à base de milho e farelo de soja, suplementada com vitaminas e minerais para atender as exigências de leitões na fase inicial (15 kg) (Tabela 1) e fase de crescimento I (30 kg) (Tabela 2), propostas em Tabelas Brasileiras (Rostagno et al., 2005), com fornecimento de água ad libitum.

Foram coletadas amostras de sangue, sem jejum prévio por meio de punção no sinus orbital dos animais com agulhas hipodérmicas 40x16, posteriormente acondicionadas em frascos de 5 mL contendo fluoreto de sódio para a obtenção do plasma e em frascos de 10 mL sem anticoagulante para a obtenção do soro.

As alíquotas de soro e plasma foram mantidas congeladas a -20°C, até o momento das análises laboratoriais para a mensuração das seguintes variáveis, com diferentes metodologias: sódio e potássio (espectrofotômetro de chama), com uso do Fotômetro de Chama B462 (Micronal – São Paulo, Brasil) cloreto, fósforo, cálcio total, magnésio, albumina, proteína total, ureia, creatinina, fosfatase alcalina total, glicose e lactato (método colorimétrico), com uso de aparelho eletrônico de automação Humastar300 (Human, Itabira, Brasil); TSH, T4 livre e fosfatase alcalina óssea (método de quimioluminescência), com uso do aparelho Access Immunoassay System (Beckman Coulter, Rio de Janeiro, Brasil).

Os dados foram avaliados pela estatística descritiva, obtendo-se a média, desvio padrão, coeficiente de variação, valores mínimos e máximos para cada variável estudada, em cada fase de crescimento. Foi realizada análise de variância (ANOVA) para comparação de médias entre as fases avaliadas e aquelas variáveis que não atenderam as premissas da ANOVA, foram submetidas aos procedimentos não paramétricos de Wilcoxon. Empregou-se o programa SAEG-9.0 (Universidade Federal de Viçosa, 2007). Para todas as análises foram adotadas a significância de 5%.

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética para Uso de Animais – CEUA/UFV, sob protocolo n. 47/2011.

Resultados e Discussões

Os resultados obtidos no presente estudo referentes aos constituintes bioquímicos sanguíneos séricos e plasmáticos, com suas respectivas médias, desvio-

padrão (sd), coeficiente de variação (CV), valores mínimos e máximos, encontram-se descritos na tabela 3.

Ao compararmos os resultados dos eletrólitos obtidos nas duas fases estudadas, inicial (15 kg) e crescimento I (30 kg), observou-se diferença nos valores de sódio, potássio, cloreto, cálcio e magnésio séricos.

Na avaliação dos resultados do sódio sérico, percebe-se que ao ocorrer o crescimento dos animais, as concentrações desse elemento aumentaram significativamente, expressando os maiores valores na fase de crescimento I (30 kg). Situação inversa ocorreu com o potássio sérico que, na fase de crescimento I (30 kg) detectaram-se os menores valores desse eletrólito. De forma semelhante, o cloreto sérico também apresentou os menores valores na fase de crescimento I (30 kg).

Segundo DiBartola (2012), existe uma relação fisiológica entre sódio e potássio no organismo animal de 27:1. No presente trabalho, a relação encontrada foi de 22:1 na fase inicial (15 kg) e de 24,5:1 na fase de crescimento I (30 kg). É importante ressaltar que a quantidade presente desses eletrólitos no sangue usualmente reflete sua ingestão e excreção. Neste estudo, a ingestão foi adequada a cada fase estudada, seguindo as recomendações de Rostagno et al. (2005), os quais sugerem a inclusão de sódio: potássio na proporção de 23,5:1 desses minerais na dieta e, como pode ser constatado pelos valores citados acima, a relação detectada no sangue foi similar a da dieta (Tabela 3).

Quando se comparam os valores do cloreto sérico obtidos no presente ensaio com os resultados descritos na literatura, constatam-se concentrações séricas mais elevadas que os valores referenciados por Kaneko et al. (2008) e Radostits et al. (2010) em ambas as fases estudadas. Essa diferença pode ter ocorrido devido à influência da genética, dieta, idade e temperatura ambiente na qual os animais do presente estudo foram mantidos. Usualmente a literatura que dispõe valores de referência omite essas informações, o que algumas vezes pode gerar erro na sua interpretação.

Ensaio experimental realizado em suínos da raça Zovawk na Índia por Mayengbam et al. (2012), com o objetivo de traçar o perfil eletrolítico antes do desmame, na fase de crescimento e adultos resultou na detecção de valores de sódio maiores ($191,1 \pm 3,6$), na fase de crescimento, do que os encontrados no presente estudo na fase inicial ($143 \pm 9,9$) e de crescimento I ($151 \pm 1,9$). Os valores do potássio

(3,49±0,1) obtidos pelos referidos autores foram menores quando comparados aos do presente ensaio em ambas as fases, enquanto o cloreto sérico apresentou concentrações similares (93,94±0,72) em ambas as pesquisas.

O cálculo da diferença dos íons fortes (DIF) foi desenvolvido com o intuito de detectar alterações metabólicas relacionadas com as concentrações de sódio, potássio e cloreto sanguíneos (Stewart, 1983). O DIF é determinado pela diferença de cátions e ânion fortes ($[Na^+ + K^+] - [Cl^-]$). No presente estudo registraram-se maiores valores do DIF ($P < 0,05$) na fase de crescimento (30 kg). Essa diferença foi ocasionada pelo aumento da concentração de sódio sanguíneo, visto que os animais em fase de crescimento I (30 kg) apresentaram os maiores valores desse eletrólito, enquanto que as concentrações de potássio e cloreto se mantiveram constantes (Tabela 2). Como o acréscimo no valor do sódio sérico nos animais dessa fase (30 kg) é uma característica fisiológica da espécie. Apesar da diferença, os animais de ambas as fases não apresentaram desequilíbrio eletrolítico e, conseqüentemente, não houve alteração no equilíbrio ácido-base em decorrência da diferença de íons fortes.

Como expressa a Tabela 3, o cálcio e o magnésio apresentaram concentrações menores na fase de crescimento I (30 kg). O magnésio no organismo está associado ao cálcio e fósforo nos ossos, esses três eletrólitos estão intimamente interligados na formação e crescimento ósseo. Ao compararmos os valores séricos de magnésio obtidos na presente pesquisa com a literatura consultada (Kaneko et al., 2008; Radostits et al., 2010), percebe-se variação acentuada nesses valores. No cálcio sérico o confronto resultou na obtenção de valores similares.

O fósforo por sua vez, apesar de não ter apresentado diferença entre as duas fases estudadas, apresentou valores maiores que os referenciados pela literatura consultada (Kaneko et al., 2008; Radostits et al., 2010). Arouca et al. (2010), realizaram um estudo com suínos em fase de terminação II e observaram que os níveis de fósforo sérico decrescem com o crescimento do animal. Segundo os referidos autores, isso ocorre provavelmente devido a mineralização óssea ocorrer nos primeiros meses de vida. No presente ensaio, apesar dos animais da fase inicial e de crescimento I terem recebido uma dieta com a mesma quantidade de fósforo, não se confirmou a afirmação dos autores citados acima.

Como o fósforo sérico expressa fielmente a sua concentração na dieta, Ekpe et al. (2002) sugeriram que os valores de fósforo sanguíneos sejam utilizados como um parâmetro para a determinação das exigências desse mineral na dieta.

As concentrações de proteínas totais registradas na fase inicial (15 kg) e de crescimento I (30 kg), $51 \pm 5 \text{ g L}^{-1}$ e $56 \pm 7 \text{ g L}^{-1}$, respectivamente, mantiveram-se na faixa de referência proposta por Radostits et al. (2010), porém bem menores que as recomendadas por Kaneko et al. (2008). Comportamento oposto foi registrado nos valores da albumina em ambas as fases, ou seja, permaneceram na faixa de referência sugerida por Kaneko et al. (2008) e maiores aos propostos por Radostits et al. (2010). Os valores da albumina, de forma semelhante à proteína total, foram significativamente maiores na fase de crescimento I ($36 \pm 4 \text{ g L}^{-1}$) do que na fase inicial ($32 \pm 3 \text{ g L}^{-1}$). Esse achado demonstra que o aumento da quantidade de proteína da dieta influencia os valores de proteína total e albumina sanguíneos (Tabela 1 e 2).

A concentração de ureia na fase inicial (15 kg) foi de $33,2 \pm 9,5 \text{ mg dL}^{-1}$, enquanto na fase de crescimento I foi de $52,2 \pm 10,7 \text{ mg dL}^{-1}$. Os resultados da fase de crescimento I (30 kg) são superiores aos registrados na literatura consultada (Kaneko et al., 2008; Radostits et al., 2010). Esse metabólito tem sido amplamente estudado na nutrição animal pelo fato do seu valor sérico estar diretamente relacionado à quantidade de proteína na dieta. Alguns autores, como Abreu et al. (2007) e Parra et al. (2008) se basearam nos valores de ureia para estimar a quantidade adequada de proteína ideal da dieta, porém alertam que esses índices apresentam variação acentuada nas etapas de desmame, crescimento e terminação de suínos. É interessante ressaltar que os valores encontrados neste estudo mostraram que com o crescimento, os níveis de ureia tendem a se elevar, provavelmente pelo aumento da quantidade de proteína na dieta. Esse achado também foi encontrado por Dantas (2009) ao realizar um estudo com suínos em fase de terminação (60-90 kg).

Os níveis de creatinina foram semelhantes em ambas às fases, demonstrando que a quantidade de creatinina excretada diariamente é proporcional à massa muscular e não é afetada pela dieta, idade ou sexo, correspondendo a 2% das reservas corpóreas da creatina fosfato (Murray, 2013; Scheffer & González, 2013).

Os resultados obtidos com a mensuração da glicose plasmática foram semelhantes aos registrados por Kaneko et al. (2008) e Radostits et al. (2010) nas duas

fases de crescimento (Tabela 3). Entretanto, na fase inicial (15 kg) detectaram-se valores maiores do que na fase de crescimento I (30 kg). Esse resultado pode ter ocorrido devido à necessidade de energia aumentar com o crescimento dos animais, e, como consequência houve discreto decréscimo da glicemia nos animais da fase de crescimento I (30 kg), porém os valores se mantiveram na faixa proposta por Kaneko et al. (2008) e Radostits et al. (2010).

Os valores de lactato plasmático mostraram um coeficiente de variação muito amplo nas duas fases estudadas (Tabela 3). Na fase inicial (15 kg) foram observadas médias maiores que na fase de crescimento I (30 kg). A concentração do lactato sanguíneo é dependente da sua produção e degradação no fígado, rins e músculos esqueléticos. Ao redor de 30% do lactato formado é utilizado no fígado, predominantemente na gliconeogênese (ciclo do Cori) para a produção de glicose. Como existe uma correlação entre o metabolismo do lactato e da glicose, acredita-se que nos animais em fase de crescimento I deste estudo, houve um melhor aproveitamento do lactato para produção de glicose, e, conseqüentemente, maior deposição de carne magra na carcaça em um menor período de tempo, tornando essas variáveis valiosas para a avaliação do metabolismo energético desses animais. Na atualidade, autores sugerem que as concentrações de lactato sanguíneo estejam relacionadas com o estresse e, dessa forma, suas concentrações plasmáticas já são utilizadas para avaliar o comprometimento do bem-estar (Dalla Costa et al., 2008) ou catabolismo muscular (Ludtke et al., 2010) provocado pelo estresse.

Os resultados obtidos de TSH não apresentaram diferença entre as fases estudadas, enquanto que as concentrações do T₄ livre mostraram diferença, exibindo valores maiores na fase de crescimento I (30 kg). Essas variáveis fornecem informações importantes sobre a demanda metabólica, visto que são considerados hormônios calorigênicos (Morais et al., 2008). Sabe-se que as concentrações séricas de T₄ livre influenciam o metabolismo dos carboidratos, lipídeos, vitaminas e crescimento ósseo. A importância da mensuração da T₄ livre é por não sofrer influência de proteínas carreadoras como a T₄ total (Henry, 2008). Para suínos em crescimento, não foi encontrado na literatura consultada, valores de referência para esses dois hormônios.

Ao compararmos as concentrações séricas de fosfatase alcalina total, pode-se observar que houve diferença entre as fases estudadas, com valores superiores nos

animais de fase inicial. Porém, seus valores se apresentaram dentro dos limites fisiológicos propostos por Kaneko et al. (2008) e Radostits et al. (2010) em ambas as fases de crescimento. Ao avaliarmos os resultados obtidos com a mensuração da fosfatase alcalina óssea (Tabela 3), registrou-se os valores maiores nos animais da fase inicial (15 kg). Não há literatura valores de referência para fosfatase alcalina óssea em animais domésticos. Nos ossos está ligada a membrana dos osteoblastos, assim ela pode fornecer um índice da taxa de formação óssea (Henry, 2008). Pela observação dos valores encontrados desta enzima na fase inicial, acredita-se que sua concentração elevada seu deu pela formação e crescimento ósseo dos animais.

Do nascimento ao desmame até a introdução da dieta sólida, os leitões passam por processos adaptativos fisiológicos que necessitam de entendimento para a manutenção da homeostase. Esses resultados mostram a importância de se considerar valores bioquímicos sanguíneos, levando em consideração a raça, o sexo, a idade, a genética, a nutrição e características climáticas diferentes entre cada estudo realizado, para que se reproduza mais fidedignamente a fisiologia dos animais em estudos entre países, regiões, melhoramento genético e nutrição, servindo como base a futuros trabalhos e protocolos de manejo adequado dos animais.

Conclusão

1. Existem diferenças entre as concentrações sanguíneas de alguns metabólitos nas diferentes fases de vida do animal.

2. A faixa etária, a dieta e a temperatura ambiente devem ser consideradas para a interpretação adequada dos resultados laboratoriais em suínos.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais, pelo apoio financeiro da pesquisa.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de pessoal de Nível Superior pela concessão de bolsa de doutorado.

Referências

- ABREU, M. L. T.; DONZELE, J. L.; OLIVEIRA, R. F. M.; OLIVEIRA, A. L. S.; HAESE, D.; PEREIRA, A. A. Níveis de lisina digestível em rações, utilizando-se o conceito de proteína ideal, para suínos machos castrados de alto potencial genético dos 15 aos 30 kg. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.36, n.1, p.1039-1046, 2007.
- ALVES, M.; GONZÁLEZ, F.; CARVALHO, N. Feeding dairy cows with soybean by-products: effects on metabolic profile. *Revista Ciência Rural*, v.34, n.1, p.239-243, 2004.
- AROUCA, C. L. C.; FONTES, D. O.; SILVA, F. C. O.; ALMEIDA E SILVA, M.; ALMEIDA, F. R. C. L.; CORRÊA, G. S. S.; PAULA, E.; HAESE, D. Níveis de fósforo disponível para suínos machos castrados dos 60 aos 95kg. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.39, p.2646-2655, 2010.
- BEZERRA, L. R.; SILVA, A. M. A.; AZEVEDO, S. A.; MENDES, R. S.; MANGUEIRA, J. M.; GOMES, A. K. A.. Desempenho de cordeiros Santa Inês submetidos a aleitamento artificial enriquecido com *Spirulina platensis*. *Revista Ciência Animal Brasileira*, v.11, p.258-263, 2010.
- BRITO, M. A.; GONZÁLEZ, F. H. D.; RIBEIRO, L. A. O.; CAMPOS, R.; LACERDA, L.; BARBOSA, P. R.; BERGMANN, G. Composição do sangue e do leite em ovinos leiteiros no sul do Brasil: variações na gestação e lactação. *Revista Ciência Rural*, v.36, n.3, p.942-948, 2006.
- DALLA COSTA O. A.; LUDKE, J. V.; COSTA, M. J. R. P.; FAUCITANO, L.; COLDEBELLA, A.; KICH, J. D.; PELOSO, J. V.; DALLA ROZA, D. Tempo de jejum na granja sobre o perfil hormonal e os parâmetros fisiológicos em suínos de abate pesados. *Revista Ciência Rural*, v.38, n.8, p.2300-2306, 2008.
- DANTAS, W. M. F. Perfil bioquímico sanguíneo e ganho de peso corporal em suínos submetidos a dietas com diferentes níveis de fósforo. 2009. 81p. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- DANTAS, W. M. F.; RIBEIRO FILHO, J. D.; GUIMARÃES, J. D.; FARIAS, S. K.; GUIMARÃES, S. E. F.; SARAIVA, A., OLIVEIRA, T. T. Perfil eletrolítico e peso corporal em suínos submetidos a dietas com diferentes teores de fósforo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.45, n.10, p.1205-1210, 2010.

DI BARTOLA, S. P. Fluid, electrolyte, and acid-base disorders in small animal practice. 4 ed. Ed. Elsevier, Saint Louis, Missouri. 2012: 744p.

EKPE, E. D.; ZIJLSTRA, R. T.; PATIENCE, J. F. Digestible phosphorus requirement of grower pigs. Canadian Journal of Animal Science, v.82, p.541-549, 2002.

HENRY, J. B. Diagnósticos Clínicos e Tratamento por métodos laboratoriais. 20.ed. Ed. Manole, Barueri, São Paulo. 2008. 1734p.

KANEKO, J. J.; HARVEY, J. W.; BRUSS, M. L. Clinical biochemistry of domestic animals, 5.ed. Academic Press, San Diego: 2008. 932p.

LUDTKE, C. B.; SILVEIRA, E. T. F.; BERTOLONI, W.; ANDRADE, J. C.; BUZELLI, M. L.; BESSA, L. R.; SOARES, G. J. D. Bem-estar e qualidade de carne de suínos submetidos a diferentes técnicas de manejo pré-abate. Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal, v.11, n.1, p.231-241, 2010.

MAYENGBAM, P.; TOLENKHOMBA, T. C.; ALI, M. A. P.; SAIKIA, N.; SHYAMSANA, S.; HMAR L. Electrolyte (Na, K, Cl, Ca, Pi and Mg) profile of Zovawk pigs of Mizoram, India in different age groups. International Multidisciplinary Research Journal, v.2, n.2, p.49-51. 2012.

MORAIS, D. A. E. F.; MAIA, A. S. C. R. G. S.; VASCONCELOS, A. M.; LIMA, P. O.; GUILHERMINO, M. M. Variação anual de hormônios tireoidianos e características termorreguladoras de vacas leiteiras em ambiente quente. Revista Brasileira de Zootecnia, v.37, n.3, p.538-545, 2008.

MURRAY, R. K.; BENDER, D. A.; BOTHAM, K. M.; KENNELLY, P. J.; RODWELL, V. W.; WEIL, P. A. Bioquímica ilustrada de Harper. 29.ed. Ed. Mc Graw-Hill, 2013, 832p.

PARRA, A. R. P.; MOREIRA, I.; FURLAN, A. C.; PAIANO, D.; SCHERER, C.; CARVALHO, P. L. O. Utilização da casca de café na alimentação de suínos nas fases de crescimento e terminação. Revista Brasileira de Zootecnia, v.37, p.433-442, 2008.

PAYNE, J. M.; DEW, S. M.; MANSTON, R.; FAULKS M. The use of metabolic profile test in dairy herds. The Veterinary Record, v.87, p.150-158, 1970.

PEIXOTO, L. A. O.; OSÓRIO, M. T. M. Perfil metabólico proteico e energético na avaliação do desempenho reprodutivo em ruminantes. Revista Brasileira de Agrociência, v.13, n.3, p.299-304, 2007.

RADOSTITS, O. M.; GAY, C. C.; HINCHCLIFF, K. W.; CONSTABLE, P. D. *Veterinary Medicine*. 10.ed. Elsevier, Filadélfia, 2010, 2162p.

RIBEIRO, L. A. O.; GONZÁLEZ, F. H. D.; CONCEIÇÃO, T. R.; BRITO, M. A.; LA ROSA, V. L.; CAMPOS, R. Perfil metabólico de borregas Corriedale em pastagem nativa do Rio Grande do Sul. *Acta Scientiae Veterinariae*. v.31, n.3, p.167-170, 2003.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; OLIVEIRA, R. F.; LOPES, D. C.; FERREIRA, A. S.; BARRETO, S. L. T. *Tabelas Brasileiras para aves e suínos, composição de alimentos e exigências nutricionais*. 2.ed. Imprensa Universitária, UFV, Viçosa, 2005. 186p.

SCHEFFER, J. F.; GONZALEZ, F. H. D. *Enzimologia Clínica em Medicina Veterinária*. Disponível em: <www.sovergs.com.br/conbravet2008/anais/cd/.../R0982-1.pdf>. Acesso em 23 de janeiro de 2013.

STEWART P.A. Modern quantitative acid-base chemistry. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*, v.61, p.1444-1461, 1983.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV. *Manual de utilização do programa SAEG (Sistema para Análise Estatística e Genéticas)*. Viçosa: UFV, 2007. 149p.

WEISS, D. J.; WARDROP, K. J. *Schalm's veterinary hematology*. 6.ed. Ed. Willey-Black Well, Iowa, USA, 2010. 1206p.

Tabela 1 - Composição percentual e calculada das rações experimentais para leitões em fase inicial (15 kg).

Ingredientes	Composição percentual (%)
Milho grão moído	62,011
Farelo soja 45/80	32,000
Óleo soja	1,810
Fosfato bicálcico	0,107
Calcário	1,837
Inerte	1,200
Sal comum	0,456
Premix – Vitaminas ¹	0,100
Premix – Minerais ²	0,050
Sulfato colistina ³	0,075
Fosfato de tilosina ⁴	0,030
L-Lisina HCl	0,282
DL-Metionina	0,073
L-Treonina	0,066
BHT	0,010
Total	100,00
Composição nutricional calculada	
EM (kcal/kg)	3.250
Proteína bruta (%) ³	19,981
Lisina digestível (%) ³	1,146
Met + Cist digestível (%) ³	0,641
Sódio (%)	0,721
Cálcio (%)	0,800
Cálcio analisado (%)	0,200
P total analisado (%)	0,319
P disponível (%)	0,107
Relação Cálcio:fósforo	2,5:1

¹Conteúdo/kg de produto: Vitamina A (8.000.000 UI); Vitamina D3 (2.000.000 UI); Vitamina E (10.000 mg); Ácido Fólico (800 mg); Pantotenato de cálcio (12.000 mg); Biotina (50 mg); Niacina (25.000 mg); Piridoxina (2.000 mg); Riboflavina (5.000 mg); Tiamina (1.500 mg); Vitamina B12 (20.000 mg); Vitamina K3 (1.500 mg); Selênio (320 mg); Antioxidante (30.000 mg).

²Conteúdo/kg de produto: Cobre (30.000 mg); Zinco (160.000 mg); Iodo (1.900 mg); Ferro (100.000 mg); Manganês (70.000 mg).

³Conteúdo/kg de produto: Colistina (80.000 mg).

⁴Conteúdo/kg de produto: Tilosina (400.000 mg).

Tabela 2 - Composição percentual e calculada das rações experimentais para leitões em fase de crescimento I (30 kg).

Ingredientes	Composição percentual (%)
Milho	55,698
Farelo de soja	39,485
Óleo soja	1,483
Fosfato bicálcico	0,116
Calcário	1,534
Areia lavada	0,900
DL-metionina	0,025
Premix – Vitaminas ¹	0,200
Premix – Minerais ²	0,200
Promotor de crescimento	0,050
Sal	0,415
BHT	0,010
Total	100,00
Composição nutricional calculada	
EM (kcal/kg)	3.230
Proteína bruta (%) ³	22,510
Lisina digestível (%) ³	1,104
Met + Cist digestível (%) ³	0,660
Sódio (%)	0,180
Cálcio (%)	0,730
Cálcio analisado (%)	0,700
P total analisado (%)	0,343
P disponível (%)	0,116
Relação Cálcio:fósforo	2,1:1

¹Conteúdo/kg de produto: Vitamina A (8.000.000 UI); Vitamina D3 (2.000.000 UI); Vitamina E (10.000 mg); Ácido Fólico (800 mg); Pantotenato de cálcio (12.000 mg); Biotina (50 mg); Niacina (25.000 mg); Piridoxina (2.000 mg); Riboflavina (5.000 mg); Tiamina (1.500 mg); Vitamina B12 (20.000 mg); Vitamina K3 (1.500 mg); Selênio (320 mg); Antioxidante (30.000 mg).

²Conteúdo/kg de produto: Cobre (30.000 mg); Zinco (160.000 mg); Iodo (1.900 mg); Ferro (100.000 mg); Manganês (70.000 mg).

³Valores estimados com base nos coeficientes de digestibilidade dos aminoácidos dos ingredientes, de acordo com Rostagno et al. (2005).

Tabela 3. Médias, desvio padrão, coeficiente de variação (CV), valor mínimo e máximo de constituintes bioquímicos séricos e plasmáticos de leitões híbridos comerciais em fase inicial (15 kg) e fase de crescimento I (30 Kg), mantidos em ambiente de conforto térmico⁽¹⁾.

Variáveis	Fase inicial (15 Kg)	CV (%)	Mínimo	Máximo	Fase de crescimento I (30 Kg)	CV (%)	Mínimo	Máximo
Peso corporal (Kg)	15 ±0,6	4,2	13,6	16,3	30 ±0,8	2,8	28,5	32,4
Sódio (mEq L ⁻¹)	143 ± 9,9b	6,9	106	174	151,9 ± 1,9a	7,8	115	191
Potássio (mEq L ⁻¹)	6,5 ± 0,8a	12,3	4,1	8,4	6,2 ± 0,6b	10,4	4,5	7,8
Cloreto (mEq L ⁻¹)*	112 ± 2,3a	2,1	107	118	107,5 ± 5,8b	5,4	73	126
DIF (mEq L ⁻¹)	37,3±11,4b	30,5	29	42	41,4±11,82a	23,5	37	46
Cálcio total (mg dL ⁻¹)*	10,2 ±1,2a	12,2	5,9	14,3	9,6 ± 1,6b	16,1	4,9	15,6
Fósforo (mg dL ⁻¹)	10,5 ±2,1a	20	4,8	16,5	10 ± 1,7a	17,2	5,2	14,6
Magnésio (mg dL ⁻¹)	2,7 ± 0,3a	10	1,6	3,51	2,5 ± 0,3b	12,3	1,4	3,1
Albumina (g L ⁻¹)	32 ± 3b	8,7	24	39	36 ± 4a	11,3	22	49
PT ⁽³⁾ (g L ⁻¹)*	51 ± 5b	9,3	43	65	56 ± 7a	12,4	27	83
Uréia (mg dL ⁻¹)	33,2 ±9,5b	28,6	13	62	52,2 ± 10,7a	20,6	27	83
Creatinina (mg dL ⁻¹)*	0,9 ± 0,1a	16,2	0,3	1,1	0,8 ± 0,2a	21,2	0,5	1,4
TSH (μIU L ⁻¹)	0,1 ± 0,2a	163,3	0,01	1,4	0,1 ± 0,4a	264,2	0,01	2,5
T4 livre (ng dL ⁻¹)*	0,7 ± 0,2b	22,7	0,4	1,3	1 ± 0,2a	22,3	0,6	1,7
Glicose (mg dL ⁻¹)*	100,4±4,1a	14	74	164	87,5 ± 10b	11,4	56	110
Lactato (mg dL ⁻¹)*	35,8±13,6a	38	12,7	83,3	27,4 ± 9,1b	33	11,6	61,5
Fosfatase alcalina total (U L ⁻¹)*	278,2±2,8a	29,8	89	562	146,42 ± 4,4b	23,5	47	218
Fosfatase alcalina óssea (ng dL ⁻¹)*	92 ± 24,2a	26,3	36,1	122	37,7 ± 10b	26,4	16,2	67,8

⁽¹⁾Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem entre si (p<0,05), pelo teste de Tukey ou

*Wilcoxon

4.1. CAPÍTULO I I

Perfil metabólico e ponderal de leitões submetidos a dietas com diferentes teores de fósforo em ambientes térmicos distintos²

Resumo – O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de dietas, com diferentes teores de fósforo, no perfil metabólico e peso corporal de leitões na fase inicial, mantidos em ambientes termoneutro e quente. Utilizou-se 120 leitões, com linhagem comercial, machos castrados e com peso corporal médio de 15 kg, distribuídos em blocos ao acaso, com cinco tratamentos e 12 repetições cada um, mantidos em dois ambientes: termoneutro e quente. Os tratamentos foram constituídos de dietas com 0,107, 0,214, 0,321, 0,428 e 0,535% de fósforo disponível. No início (M0) e final da fase experimental (M1) foi determinado o peso corporal e coletadas amostras de sangue para a mensuração de eletrólitos, albumina, proteína total, substâncias nitrogenadas, fosfatase alcalina total e óssea, hormônios tireoidianos, glicose e lactato. Observou-se diferença no ganho de peso corporal e nos valores de sódio, potássio, cálcio total, magnésio, fósforo, fosfatase alcalina total e óssea, T4 livre e lactato pelo efeito das dietas e dos ambientes. A dieta com 0,428% de fósforo disponível ocasiona maior ganho de peso corporal no calor. O estresse calórico causa diminuição da glicose, T4 livre e fosfatase alcalina total e aumento do lactato.

Termos para indexação: bioquímica clínica, fosfato bicálcico, suínos, estresse calórico.

Metabolic profile and performance of piglets fed with different levels of phosphorus in distinct thermal environments

Abstract - The aim of this study was to evaluate the effect of diets with different phosphorus contents, metabolic profile and body weight of piglets at baseline maintained in thermoneutral and warm environments. We used 120 piglets commercial strain barrows and with an average body weight of 15 kg, distributed in a randomized block design with five treatments and 12 repetitions each, kept in two environments: thermoneutral and hot. The treatments consisted of diets with 0.107, 0.214, 0.321, 0.428

² Artigo redigido conforme as normas da Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira

and 0.535% phosphorus contents. At the beginning and end of the experimental phase was determined body weight and blood samples for the measurement of electrolytes, albumin, total protein, nitrogenous substances, and total bone alkaline phosphatase, thyroid hormones, glucose and lactate. Significant differences were observed in body weight gain and the values of sodium, potassium, total calcium, magnesium, phosphorus, total and bone alkaline phosphatase, lactate and free T4 by the effect of treatments and environments. The diet with 0.428% phosphorus contents provided more weight gain in the hot. The increase in the content of available phosphorus in the diet promotes the imbalance of the physiological relationship of serum calcium and phosphorus.

Index terms: clinical biochemistry, bicalcium phosphate, pigs, heat stress.

Introdução

As dietas formuladas para a alimentação de suínos são a base de milho e soja que não dispõem das quantidades adequadas de fósforo disponível para atender as exigências nutricionais dos animais. Por isso, é necessária a adição de fosfato bicálcico na dieta como principal fonte de fósforo inorgânico (Saraiva et al., 2009). Até o ano de 2013, a alimentação correspondia entre 60 a 80% do custo total na produção de suínos (ABCS, 2014). O fósforo representa de 20 a 50% dos custos com suplementos minerais e vitamínicos e até 1,5% dos gastos com alimentação de suínos (Teixeira et al., 2004).

O crescimento é um processo multifatorial que envolve a multiplicação das células e tecidos, no qual demanda a necessidade de ingestão de nutrientes e a limitação de um deles pode diminuir ou ainda deter o processo integral de crescimento (González & Silva, 2006). Mediante o uso do perfil metabólico podem ser detectadas anormalidades metabólicas limitantes, embora não exista um marcador específico que detecte uma possível superioridade de um animal para o crescimento.

O Brasil é um país com grandes variações de temperatura e umidade entre as regiões, tornando a criação de suíno mais viável no sul e sudeste devido às condições climáticas favoráveis, visto que são animais que apresentam perfil homeostático de conforto entre 20 a 24°C, sendo sensíveis a altas temperaturas, reduzindo o consumo de ração e acarretando diminuição no ganho de peso corporal. O objetivo deste trabalho foi

avaliar o efeito de dietas com diferentes teores de fosfato bicálcico sobre componentes bioquímicos sanguíneos e peso corporal de leitões na fase inicial de crescimento, mantidos em ambientes termoneutro (24°C) e quente (34°C).

Material e Métodos

O experimento foi realizado nas câmaras climáticas do Setor de Suinocultura do Departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, MG.

Foram utilizados 120 leitões de uma linhagem comercial divididos em dois grupos com 60 animais cada. No grupo I os animais foram mantidos em ambiente termoneutro, com temperatura mantida em torno de $24,5 \pm 1,2^\circ\text{C}$ e umidade relativa de $76,3 \pm 8,5\%$ e no grupo II em ambiente quente com temperatura de $34,1 \pm 0,8^\circ\text{C}$ e umidade relativa de $70,1 \pm 8,1\%$. As temperaturas foram mantidas por meio de aquecedores elétricos, modelo Seletro e, por dois aparelhos de ar condicionado de 18.000 BTUs cada. O peso corporal médio inicial dos leitões foram respectivamente, $14,97 \pm 0,36$ kg e $15,10 \pm 0,31$ kg para os animais do grupo I (24°C) e II (34°C). Os animais foram alojados em gaiolas metálicas suspensas (2m²/animal), com piso e laterais teladas, dotadas de comedouros semiautomáticos e bebedouros tipo chupeta, em sala climatizada, construída em alvenaria, com piso de concreto, coberta com telhas de cerâmica, forração em madeira e janelas de vidro com sistema basculante. O delineamento experimental foi realizado em blocos inteiramente casualizados com cinco tratamentos (dietas), seis repetições e dois animais por unidade experimental. A unidade experimental foi representada pela gaiola e o período experimental compreendeu 25 dias.

Os tratamentos foram constituídos de uma ração basal, sem suplementação de fósforo, composta principalmente por milho e farelo de soja, suplementada com vitaminas, minerais e aminoácidos e distribuídos da seguinte forma: ração basal (dieta 1), sem suplementação de fósforo (P), contendo 0,107% de fósforo disponível; e ração basal suplementada com quatro concentrações de fosfato bicálcico comercial: 0,214 (dieta 2); 0,321 (dieta 3); 0,428 (dieta 4); 0,535% (dieta 5) de fósforo disponível e todas foram isoproteicas, isoenergéticas e isocálcicas (Tabela 1). As rações foram formuladas de acordo com as recomendações para leitões de 15 a 30 kg, segundo Rostagno et al.

(2005), exceto o fósforo (Tabela 1). Os animais receberam as rações experimentais e água ad libitum e foram pesados no início (M0) e no final do período experimental (M1) para a determinação do ganho de peso corporal.

Amostras de sangue foram coletadas imediatamente antes (M0) e ao término do período experimental (M1), por meio de venopunção do sinus orbital com agulhas descartáveis hipodérmicas 40x16, sem jejum prévio. Após as coletas, as amostras foram acondicionadas em frascos de 10 mL sem anticoagulante para obtenção de soro e em frascos de 5 mL contendo fluoreto de sódio para obtenção do plasma. As alíquotas de soro e plasma foram, então, mantidas congeladas a -20°C até o momento das análises laboratoriais para a mensuração de: sódio e potássio (espectrofotômetro de chama), com uso do Fotômetro de Chama B462 (Micronal – São Paulo, Brasil) cloreto, fósforo, cálcio total, magnésio, albumina, proteína total, ureia, creatinina, fosfatase alcalina total, glicose e lactato (método colorimétrico), com uso de aparelho eletrônico de automação Humastar300 (Human, Itabira, Brasil); TSH, T4 livre e fosfatase alcalina óssea (método de quimioluminescência), com uso do aparelho Access Immunoassay System (Beckman Coulter, Rio de Janeiro, Brasil).

Foi realizada a estatística descritiva para a obtenção das médias (\pm) e desvio-padrão (sd) de todas as variáveis estudadas. Os dados foram avaliados pelos testes de Lilliefors e Cochran & Bartlett para verificar a normalidade dos dados e homogeneidade das variâncias, respectivamente. Atendendo às premissas da ANOVA, foi realizada a análise de variância e aquelas variáveis que não atenderam, foram submetidas aos procedimentos não paramétricos pelo teste de Kruskal-Wallis e Wilcoxon. Empregou-se o programa SAEG-9.0 (Universidade Federal de Viçosa, 2007). Para todas as análises foram adotadas a significância de 5%.

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética para Uso de Animais – CEUA/UFV, sob protocolo n° 47/2011.

Resultados e discussão

Durante o período experimental, foi utilizado o cálculo do índice de temperatura e umidade calculado (ITGU), com valor de $86,7 \pm 1,14$. Com base nos valores da média temperatura do ar ($34,1^{\circ}\text{C}$) e ITGU (86,7), pode inferir-se que os animais foram expostos ao estresse térmico, considerando que o ambiente de termoneutralidade para

essa categoria de animais varia de 18 a 28°C (Coffey et al., 2.000) e que um valor de ITGU acima de 80,0 (Campos et al., 2.008) caracteriza um ambiente de estresse por calor.

O peso corporal dos animais do grupo I (24°C) apresentou diferença com a suplementação de fosfato bicálcico entre a dieta 1 (0,107%) e as demais (0,214; 0,321, 0,428 e 0,535%) (Tabela 2). Esses resultados corroboram com os alcançados por Saraiva et al. (2009), onde verificaram os melhores ganhos com concentrações de 0,509 e 0,477%, respectivamente, e com Alebrante et al. (2011a) que constataram os melhores resultados com 0,443; 0,461 e 0,525%, respectivamente, de fósforo disponível. Em outro estudo feito por Dantas et al. (2010) com suínos em fase de terminação (60-90 kg), o melhor resultado de ganho de peso foi com suplementação de 0,330% de fósforo disponível. Todos os autores supracitados mantiveram os leitões em ambiente de conforto térmico.

Comportamento semelhante ocorreu no grupo II (34°C), onde o maior ganho foi observado na dieta 4 (0,428%) e obtiveram-se valores intermediários nas dietas 2 (0,214%), 3 (0,321%) e 5 (0,535%) (Tabela 2). Resultados similares foram obtidos por Alebrante et al. (2011b) que trabalharam com suínos na mesma faixa etária e no mesmo ambiente térmico (34°C), submetidos a seis dietas com diferentes teores de fósforo. Esses resultados demonstraram que as concentrações de fósforo recomendadas nas tabelas existentes (0,107% de fósforo disponível) não correspondem mais as exigências do potencial genético dos animais em estudo, nos dois ambientes estudados tornando necessária uma maior suplementação para otimizar o ganho de peso corporal, principalmente no ambiente quente, no qual o animal reduz seu consumo alimentar na tentativa de diminuir a produção de calor.

Ao comparamos o ganho de peso entre os ambientes estudados foi observada diferença nas dietas 2 (0,214%), 3 (0,321%) e 5 (0,535%), com maior ganho de peso corporal verificado no ambiente termoneutro. Possivelmente isso ocorreu devido ao suíno ser sensível a altas temperaturas, por ter dificuldade em dissipar o calor produzido. Segundo Manno et al. (2005) este comportamento no ganho e peso corporal ocorreu pelo fato de altas temperaturas influenciarem negativamente na conversão alimentar e deposição de proteína na carcaça, além de aumentar a frequência respiratória e a temperatura retal dos suínos.

Por outro lado, não foi observada diferença no peso corporal nas dietas 1 (0,107%) e 4 (0,428%) no ambiente quente. Esse resultado evidencia que a suplementação de fósforo foi de fundamental importância para que os animais mantidos em ambiente quente (34°C) ganhassem o mesmo peso corporal que os mantidos em ambientes termoneutro (24°C). Esse resultado demonstra que o teor de fosfato bicálcico na dieta (0,428% de fósforo disponível) atingiu o ponto de equilíbrio no organismo, ou seja, supriu a energia requerida para a manutenção e a necessária para o metabolismo proteico utilizada na formação muscular, apesar da temperatura ambiente (34°C) não ter sido adequada.

Não houve diferença entre as dietas e entre os grupos quanto aos valores séricos de cloreto. Nas mensurações de sódio, potássio e magnésio, não foram verificadas diferenças entre as dietas (Tabela 2). Porém houve diferença entre os grupos I (24°C) e II (34°C) nas concentrações de sódio, potássio e magnésio. O sódio e o potássio exibiram comportamento semelhante apresentando valores maiores na dieta 3 (0,321%) do grupo II (34°C). Embora as concentrações de sódio e potássio séricos obtidos tenham sofrido influência da dieta, seus valores permaneceram na faixa de referência para a espécie propostos por Kaneko et al. (2008) e Radostits et al. (2010).

Avaliando-se os valores da diferença de íons fortes (DIF), observa-se que não houve diferença entre as dietas nos grupos estudados (24 e 34°C), porém ao compararmos os grupos, percebe-se diferença entre eles na dieta 3 (0,321%). Apesar da diferença detectada, os valores obtidos foram similares entre si (Tabela 2). A DIF é determinada pela fórmula $SID = [Na^+] + [K^+] - [Cl^-]$ (Constable, 2003), como não há valores de referência para essa variável na literatura e pelo fato das variáveis que, são responsáveis por sua determinação, sódio, potássio e cloreto, terem se mantido na faixa de referência, acredita-se que os animais não apresentaram acidose ou alcalose metabólica ocasionada por desequilíbrio de íons fortes.

Embora tenha sido observada diferença nas concentrações séricas de magnésio quando comparados aos ambientes avaliados, seus valores permaneceram dentro dos limites de referência segundo Kaneko et al. (2008) e Radostits et al. (2010). Isto implica que provavelmente a temperatura ambiente não influenciou a utilização deste elemento na excreção renal, que é órgão regulador do equilíbrio ácido-base.

O cálcio total e o fósforo apresentaram diferença nas dietas e entre os ambientes estudados (24 e 34°C). Os maiores valores de cálcio total sérico foram obtidos nas dietas 1 (0,107%) e 2 (0,214%) nos grupos I (24°C) e II (34°C). Por sua vez, o fósforo apresentou maiores concentrações nas dietas 3, 4 e 5 (0,321, 0,428 e 0,535%) (Tabela 2) nos animais do grupo I (24°C) e II (34°C). É interessante ressaltar que no ambiente quente as concentrações sanguíneas de fósforo são menores quando comparadas ao ambiente termoneutro. Acredita-se que esse fato ocorreu devido ao aumento do consumo de energia para manutenção provocada pelo ambiente quente aos quais os animais foram submetidos.

Outro fato importante, é que à medida que aumenta a suplementação de fósforo na dieta, ocorre desequilíbrio da relação cálcio e fósforo sanguíneos. Neste estudo foram verificadas as proporções de 2,4:1; 1,6:1; 1,1:1, 1:1 e 1:1, respectivamente em animais mantidos em ambiente termoneutro e de 1,9:1; 1,4:1; 1,1:1, 1:1 e 1:1 nos animais mantidos em ambiente quente, e dietas 1, 2, 3, 4 e 5 (0,107, 0,214, 0,321, 0,428 e 0,535%) respectivamente. Esses resultados acompanharam a relação proposta pelas dietas (Tabela 1).

Estes resultados demonstraram a influência da dieta sobre os parâmetros bioquímicos sanguíneos, retratando a quantidade ingerida do nutriente com o perfil metabólico de um indivíduo, refletindo o excesso desse elemento ingerido na dieta. Pode-se observar ainda que o organismo consegue compensar o excesso de fosfato na dieta até a relação de 1,6:1 (24°C), e de 1,4:1 (34°C), que correspondem a dieta 3 (0,321%) dos dois grupos (24 e 34°C) estudados. Essa compensação possivelmente foi realizada pela eliminação renal, que age retirando o excesso de eletrólitos, eliminando-os pela urina.

Segundo Kaneko et al. (2008) e Radostits et al. (2010) a relação das concentrações séricas de cálcio e fósforo consideradas dentro da faixa de normalidade se encontram em torno de 1,3:1, que diferem dos verificados no presente estudo.

As concentrações séricas de albumina, proteína total e ureia não diferiram entre as dietas e entre os grupos I (24°C) e II (34°C), provavelmente pelas dietas serem todas isoproteicas, o que não influenciou as concentrações de ureia sanguínea (Tabela 3).

A creatinina apresentou diferença entre os ambientes, na dieta 2 (0,214%), porém seus valores continuaram na faixa de referência (Kaneko et al., 2008; Radostits et

al., 2010), indicando que sua função foi preservada mesmo sob influencia do excesso de eletrólitos presentes no sangue.

As concentrações plasmáticas de glicose exibiram diferença nas dietas 1 (0,107%) e 2 (0,214%) entre os grupos estudados (24 e 34°C), onde verificou-se menores concentrações nos animais do grupo II (34°C) (Tabela 3). Provavelmente ocorreu devido à redução do consumo de alimento no grupo 2 (34°C), corroborando com os estudos anteriores (Collin et al., 2001; Kiefer et al., 2010; Brêtas et al., 2011) em animais submetidos ao ambiente quente. Esse evento aconteceu uma vez que energia que seria metabolizada para a produção de carne foi desviada para energia de manutenção, justamente nas dietas que continham as menores suplementações de fósforo. Porém, os valores obtidos permaneceram na faixa de referência (Kaneko et al., 2008; Radostits et al., 2010).

Na avaliação do lactato plasmático, os valores obtidos antes dos tratamentos (M0) foi de $35,8 \pm 13,6$ mg dL⁻¹. Após o período experimental, constatou-se diferença entre as dietas apenas no grupo I (24°C), onde os maiores valores foram exibidos na dieta 5 (0,535%) e os menores na dieta 4 (0,428%) (Tabela 3). Vale salientar que, apesar de não ocorrer diferença entre as dietas no grupo II (34°C), notou-se um aumento nos seus valores absolutos à medida que se elevou as concentrações de fósforo na dieta. Ludtke et al. (2010) utilizaram o lactato plasmático como um marcador de estresse em suínos e nesse ensaio suas maiores concentrações foram verificadas nos animais expostos ao calor. Durante o estresse ocorre uma maior liberação do cortisol e adrenalina, que por sua vez, libera uma grande quantidade de ácido láctico resultante da degradação do glicogênio muscular, elevando as concentrações plasmáticas do lactato. Outro fator relacionado a esse aumento pode ter ocorrido pelo aumento de captação de oxigênio pelas hemácias, devido à taquipnéia observada nos animais submetidos ao ambiente quente. Com isso, ocorre aumento do metabolismo das hemácias que, por sua vez, aumenta a produção de lactato.

Na mensuração do TSH e T4 livre, os valores encontrados antes dos tratamentos (M0) foi de $0,1 \pm 0,2$ uIU L⁻¹ e $0,7 \pm 0,2$ ng dL⁻¹, respectivamente. As concentrações séricas de TSH não apresentaram diferença entre as dietas, porém houve diferença entre os grupos (24 e 34°C) estudados (Tabela 4), demonstrando valores superiores nos animais do Grupo II (34°C) nas dietas 1, 2, 3 e 5 (0,107, 0,214, 0,321 e 0,535%). Por

sua vez, as concentrações séricas de T4 livre apresentaram diferença entre a dieta 1 (0,107%) e as demais no grupo I (24°C). Comportamento semelhante foi registrado nos animais do Grupo II (34°C), exceto a dieta 2 (0,214%), que não apresentou diferença entre as demais (Tabela 4). Na avaliação entre os grupos I (24°C) e II (34°C), houve diferença nas dietas 1 (0,107%) e 3 (0,321%), com concentrações inferiores no grupo II (34°C).

Nos resultados evidenciados do TSH e T4 livre, nota-se que enquanto as concentrações de TSH permanecem constantes com o aumento da suplementação de fósforo, os valores da T4 livre tendem a diminuir nos animais do Grupo II (34°C). Portanto, pode-se inferir que no calor pode ocorrer a redução do estímulo do TSH sobre a tireoide, levando a uma menor síntese de tiroxina (T4), a fim de diminuir o metabolismo basal na tentativa de diminuição da produção de calor. Tal fato corrobora com os estudos de Souza et al. (2012) e Dahlke et al. (2005) em ambientes de alta temperatura, com caprinos e frangos, respectivamente, demonstrando que essas alterações fisiológicas em animais de produção ocorrem como um mecanismo compensatório do organismo. Vale salientar, que mesmo havendo diferença, os valores de T4 livre dos animais estudados, não ultrapassaram os valores mínimos obtidos no início desse estudo, antes dos animais ingressarem no período experimental. Os valores séricos da fosfatase alcalina total apresentaram diferença entre as dietas 4 (0,428%) e 5 (0,535%) em relação a dieta 1 (0,107%) no grupo I (24°C), entretanto não houve diferença entre as demais dietas. Nos animais do grupo II (34°C), houve diferença entre a dieta 1 (0,107%) e as dietas 3, 4 e 5 (0,321, 0,428 4 0,535%) (Tabela 4). A dieta 2 (0,214%) exibiu semelhança entre as dietas. Em relação aos ambientes estudados, houve diferença entre os grupos nas dietas 3 (0,321%) e 5 (0,535%). Apesar dessas diferenças, os valores da fosfatase alcalina total se mostraram dentro dos limites fisiológicos para a espécie proposto por Kaneko et al. (2008) e Radostits et al. (2010) e também com as concentrações verificadas neste estudo antes do início dos tratamentos.

Na mensuração da fosfatase alcalina óssea, os valores verificados antes das dietas e ambientes foram de $92 \pm 24,2$ ng dL⁻¹. No grupo I (24°C) os resultados obtidos dessa enzima apresentaram diferença entre as dietas, onde se verificou menores concentrações nos animais com suplementação de fósforo. Entretanto, os animais do grupo II (34°C) não exibiram diferença entre as dietas. No entanto, pode-se observar

que nos valores obtidos para ambos ambientes a partir da suplementação de fósforo (dieta 2), notou-se um decréscimo nas concentrações séricas da fosfatase alcalina óssea. Esse fato possivelmente ocorreu devido a um desequilíbrio das relações cálcio/fósforo sanguíneo e ósseo, visto que a maior concentração desta enzima está presente nos osteoblastos para a produção da matriz óssea, segundo Johnson (2000). É considerada como um marcador de atividade óssea em cães (Souza et al., 2011) e em humanos (Saraiva & Lazaretti-Castro, 2002). As concentrações de fosfatase alcalina óssea não apresentaram diferença entre os grupos estudados (24 e 34°C), significando que a temperatura ambiente não influencia no crescimento ósseo desses animais.

Acredita-se que a sua avaliação deve fazer parte de ensaios experimentais de nutrição, nos quais estejam envolvidos o cálcio e fósforo, pois são elementos importantes na formação óssea. Ademais, por ela ser um excelente marcador de atividade osteoblástica poderá ser importante na detecção precoce de distúrbios no tecido ósseo, além de constituir um método não invasivo de diagnóstico.

Esses resultados mostraram que o uso de parâmetros bioquímicos sanguíneos em animais de produção retrata o estado metabólico de um indivíduo, tornando-o um instrumento de avaliação tanto nutricional quanto metabólico para o balanço nutricional e detecção precoce de alterações metabólicas.

Conclusões

1. O aumento nos teores de fósforo na dieta promove maior ganho de peso corporal tanto no ambiente termoneutro (24°C) quanto no quente (34°C).
2. A melhor dieta para animais mantidos em ambiente termoneutro (24°C) foi a dieta 2 (0,214%).
3. A dieta que houve o maior ganho de peso no calor (34°C) foi a dieta 4 (0,428%).
4. O estresse calórico causa diminuição da glicose, fosfatase alcalina total, T4 livre e aumento do lactato.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais, pelo apoio financeiro da pesquisa.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de pessoal de Nível Superior pela concessão de bolsa de doutorado.

Referências

- ABCS. **Associação Brasileira de criadores de suínos**. Disponível em: <www.abcs.org.br> Acesso em 15 de janeiro de 2014.
- ALEBRANTE, L.; DONZELE, J. L.; OLIVEIRA, R. F. M.; SARAIVA A.; GUIMARÃES, S. E. F., FERREIRA, A. S. Available phosphorus levels in diets for pigs with high genetic potential for lean meat deposition kept in thermoneutral environment from 15 to 30 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.2, p.323-330, 2011a.
- ALEBRANTE, L.; DONZELE, J. L.; OLIVEIRA, R. F. M.; SARAIVA A.; GUIMARÃES, S. E. F.; FERREIRA, A. S.; SILVA, F. C. O.; ABREU, M. L. T. Available phosphorus for 15 to 30 kg pigs kept in hot environment. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.12, p.2725-2731, 2011b.
- BRÊTAS, A. A.; FERREIRA, R. A.; AMARANTE JÚNIOR, V. S.; PEREIRA W. E.; FONSECA, J. B.; CALDAS, F. R. L. Balanço eletrolítico para suínos machos castrados em crescimento mantidos em ambiente de alta temperatura. **Ciências Agrotécnicas**, v.35, n.1, p.186-194, 2011.
- CAMPOS, J. A.; TINÔCO, I. F. F.; BAÊTA, F. C.; SILVA, J. N.; CARVALHO, C. S.; MAUIRI, A. L. Ambiente térmico e desempenho de suínos em dois modelos de maternidade e creche. **Revista Ceres**, v.55, n.3, p.187-193, 2008.
- COFFEY, R.D.; PARKER, G.R.; LAURENT, K.M. Feeding growingfinishing pigs to maximize lean grow rate. University of Kentucky. College of Agriculture, 2000. Disponível em: <http://www.animalgenome.org/edu/PIH/prod_grow_finish.pdf> Acesso em: maio de 2013.
- COLLIN, A.; MILGEN. J. V.; DUBOIS, S.; NOBLET, J. Effect of high temperature and feeding level on energy utilization in piglets. **Journal of Animal Science**, v.79, p.1849-1857, 2001.
- CONSTABLE, P.D. Hyperchloremic acidosis: the classic example of strong ion acidosis. **Anesthesia & Analgesia**, v.96, p.919-922, 2003.
- DAHLKE, F.; GONZALES, E.; FURLAN R. L.;GADELHA, A.; MAIORKA, A.; FARIA FILHO, D. E.; ROSA, P. S. Efeito da temperatura ambiente sobre hormônios

tireoideanos, temperatura corporal e empenamento de frangos de corte, fêmeas, de diferentes genótipos. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.27, n.3, p.391-397, 2005.

DANTAS, W. M. F.; RIBEIRO FILHO, J. D.; GUIMARÃES, J. D.; FARIAS, S. K., GUIMARÃES, S. E. F.; SARAIVA, A.; OLIVEIRA, T. T. Perfil eletrolítico e peso corporal em suínos submetidos a dietas com diferentes teores de fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, n.10, p.1205-1210, 2010.

GONZÁLEZ, F. H.D.; SILVA, S. C. **Introdução à bioquímica clínica**. 2.ed, UFRGS, 2006, 360p.

JOHNSON, L. R. **Fundamentos de fisiologia médica**. 2ª Ed., Ed. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 2000. 725p.

KANEKO, J. J.; HARVEY, J. W.; BRUSS, M. L. **Clinical biochemistry of domestic animals**, 5.ed. Academic Press, San Diego, 2008. 932p.

KIEFER, C.; SANCHES, J. F.; SILVA, A. P.; YOSHIDA, F. Y.; SILVA, C. M. Sódio e balanço eletrolítico em dietas para leitões dos 8 aos 25 kg mantidos em ambiente de alta temperatura. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v.11, n.3, p.503-508, 2010.

LUDTKE, C. B.; SILVEIRA, E. T. F.; BERTOLONI, W.; ANDRADE, J. C.; BUZELLI, M. L.; BESSA, L. R.; SOARES, G. J. D. Bem-estar e qualidade de carne de suínos submetidos a diferentes técnicas de manejo pré-abate. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.11, n.1, p.231-241, 2010.

MANNO, M. C.; OLIVEIRA, R. F. M.; DONZELE, J. L.; FERREIRA, A. S.; OLIVEIRA, W. P.; LIMA, K. R. S.; VAZ, R. G. M. V. Efeito da Temperatura Ambiente sobre o desempenho de Suínos dos 15 aos 30 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, p.1963-1970, 2005.

RADOSTITS, O. M.; GAY, C. C.; HINCHCLIFF, K. W.; CONSTABLE, P. D. **Veterinary medicine**. 10.ed. Elsevier, 2010, 2162p.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P.C.; OLIVEIRA, R.F.; LOPES, D.C.; FERREIRA, A.S.; BARRETO, S. L. T. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2.ed. UFV, Viçosa, 2005. 186p.

SARAIVA, A.; DONZELE, J. L.; OLIVEIRA, R. F. M.; ABREU M. L. T.; SILVA, F. C.; SANTOS, O. F. A. Available phosphorus levels in diets for swine from 15 to 30 kg

genetically selected for meat deposition. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.2, p.307-313, 2009.

SARAIVA, G. L.; LAZARETTI-CASTRO, M. Marcadores bioquímicos da remodelação óssea na prática clínica. **Arquivo Brasileiro de Endocrinologia e Metabologia**, v.46 n.1, p.72-78, 2002.

SOUSA, C.; ABREU, H.; VIEGAS C.; AZEVEDO, R. J.; GOMES R.; DIAS M., I. Serum total and bone alkaline phosphatase and tartrate-resistant acid phosphatase activities for the assessment of bone fracture healing in dogs. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.63, n.4, p.1007-1011, 2011.

SOUZA, P. T.; SALLES, M. G. F.; ARAÚJO, A. A. Impacto do estresse térmico sobre a fisiologia, reprodução e produção de caprinos. **Ciência Rural**, v.42, n.10, p.1888-1895, 2012.

TEIXEIRA, A. O.; LOPES, D. C.; LOPES, J. B.; VITTI, D. M. S. S.; GOMES, P. C.; ROSTAGNO, H. S.; MOREIRA, J. A.; INÁCIO, F. Determinação da biodisponibilidade de fósforo de diferentes fontes pela técnica de diluição isotópica, em suínos em crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.5, p. 1231-1237, 2004.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA. **SAEG Sistema para Análises Estatísticas**. Versão 9.1. : UFV, Viçosa, 2007. 149p.

Tabela 1 – Composição percentual e calculada das rações experimentais para leitões em fase inicial (15 a 30 kg).

Ingredientes	Níveis de Fósforo disponível (%)				
	0,107	0,214	0,321	0,428	0,535
Milho grão moído	62,011	62,011	62,011	62,011	62,011
Farelo soja 45/80	32,000	32,000	32,000	32,000	32,000
Óleo soja	1,810	1,810	1,810	1,810	1,810
Fosfato bicálcico	0,000	0,577	1,156	1,734	2,312
Calcário	1,837	1,467	1,098	0,730	0,360
Inerte	1,200	0,993	0,783	0,573	0,365
Sal comum	0,456	0,456	0,456	0,456	0,456
Premix – Vitaminas ¹	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Premix – Minerais ²	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Sulfato colistina ³	0,075	0,075	0,075	0,075	0,075
Fosfato de tilosina ⁴	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030
L-Lisina HCl	0,282	0,282	0,282	0,282	0,282
DL-Metionina	0,073	0,073	0,073	0,073	0,073
L-Treonina	0,066	0,066	0,066	0,066	0,066
BHT	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Composição calculada					
EM (kcal/kg)	3.250	3.250	3.250	3.250	3.250
Proteína bruta (%)	19,981	19,981	19,981	19,981	19,981
Lisina digestível (%)	1,146	1,146	1,146	1,146	1,146
Met.+ Cist. digestível (%)	0,641	0,641	0,641	0,641	0,641
Treonina digestível (%)	0,721	0,721	0,721	0,721	0,721
Sódio (%)	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
Cálcio (%)	0,800	0,800	0,800	0,800	0,800
P total (%)	0,319	0,425	0,532	0,639	0,746
P disponível (%)	0,107	0,214	0,321	0,428	0,535
Relação Ca:P	2,5:1	1,9:1	1,5:1	1,25:1	1,1:1

¹ Conteúdo/kg de produto: Vitamina A (8.000.000 UI); Vitamina D3 (2.000.000 UI); Vitamina E (10.000 mg); Ácido Fólico (800 mg); Pantotenato de cálcio (12.000 mg); Biotina (50 mg); Niacina (25.000 mg); Piridoxina (2.000 mg); Riboflavina (5.000 mg); Tiamina (1.500 mg); Vitamina B12 (20.000 mg); Vitamina K3 (1.500 mg); Selênio (320 mg); Antioxidante (30.000 mg).

² Conteúdo/kg de produto: Cobre (30.000 mg); Zinco (160.000 mg); Iodo (1.900 mg); Ferro (100.000 mg); Manganês (70.000 mg).

³ Conteúdo/kg de produto: Colistina (80.000 mg).

⁴ Conteúdo/kg de produto: Tilosina (400.000 mg).

Tabela 2. Peso corporal, concentrações séricas de cloreto, fósforo, sódio, potássio, magnésio, cálcio total e diferença de íons fortes (DIF) de leitões em fase inicial submetidos aos tratamentos (dietas) e mantidos em ambiente termoneutro (24°C) e quente (34°C)

Variáveis	Grupos	Dieta 1	Dieta 2	Dieta 3	Dieta 4	Dieta 5
		0,107%	0,214%	0,321%	0,428 %	0,535%
Peso (Kg)	I (24°C)	27,3±1,8Ab	31,3±2,4Aa	32,7±2,3Aa	30,9±3,9Aa	32,2±2,7Aa
	II (34°C)	26,8±2,5Ac	28,5±2,3Bbc	29,4±2,1Bab	31,1±1,6Aa	28,8±1,9Babc
Sódio (mEq L ⁻¹)	I (24°C)	146,1±6,3Aa	144,8±6,6Aa	140,1±9,6Ba	143,7±3,6Aa	149,5±13,2Aa
	II (34°C)	150,8±8,8Aa	146,8±12Aa	149,8±9,6Aa	143,6±8,2Aa	142,3±6,2Aa
Potássio (mEq L ⁻¹)	I (24°C)	6,4±1,1Aa	6,1±0,8Aa	6±0,5Ba	6,1±0,6Aa	6,4±0,5Aa
	II (34°C)	6,4±0,7Aa	6,2±0,6Aa	6,5±0,5Aa	6,3±0,5Aa	6,5±0,8Aa
Cloreto* (mEq L ⁻¹)	I (24°C)	111,6±3,2Aa	111,9±1,6Aa	111,3±3Aa	112±2,4Aa	113,5±1,6Aa
	II (34°C)	111,2±2,6Aa	111,6±2,5Aa	112,4±2,1Aa	111,7±1,9Aa	112,3±1,8Aa
DIF (mEq L ⁻¹)	I (24°C)	40,9±7,9Aa	39,1±7,4Aa	33,9±11,9Ba	37,8±5,2Aa	42,4±14,3Aa
	II (34°C)	46±10,3Aa	41,4±12,3Aa	43,8±10,2Aa	38,3±8,9Aa	36,5±6,3Aa
Cálcio (mg dL ⁻¹)	I (24°C)	13,2±1Aa	12,9±0,7Aa	11,1±0,7Ab	10,7±0,5Ab	10,8±0,6Ab
	II (34°C)	12±0,9Ba	11,5±1,1Ba	10,4±0,5Bb	10,2±0,8Ab	10±0,9Bb
Fósforo (mg dL ⁻¹)	I (24°C)	5,4±0,7Bc	8,2±0,9Ab	10,4±1Aa	10,6±0,9Aa	11,3±0,8Aa
	II (34°C)	6,4±0,9Ad	8,3±1Ac	9,6±0,9Bb	10,9±0,6Aa	10,5±0,6Bab
Magnésio* (mg dL ⁻¹)	I (24°C)	2,7±0,1Aa	2,7±0,2Aa	2,5±0,7Aa	2,7±0,1Aa	2,8±0,1Aa
	II (34°C)	2,6±0,3Ba	2,6±0,3Aa	2,5±0,2Aa	2,6±0,2Aa	2,7±0,3Aa

(1) Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na mesma linha e maiúsculas na mesma coluna para mesma característica, diferem entre si (p<0,05) pelo teste de Tukey ou *Wilcoxon.

Tabela 3. Concentrações séricas de albumina, proteína total (PT), ureia, creatinina e concentrações plasmáticas de glicose e lactato de leitões em fase inicial submetidos aos tratamentos (dietas) e mantidos em ambiente termoneutro (24°C) e quente (34°C)

Variáveis	Grupos	Dieta 1	Dieta 2	Dieta 3	Dieta 4	Dieta 5
		0,107%	0,214%	0,321%	0,428 %	0,535%
Albumina (g L ⁻¹)	I (24°C)	38±2Aa	38±2Aa	39±2Aa	38±2Aa	40±2Aa
	II (34°C)	37±3Aa	38±2Aa	38±1Aa	38±1Aa	38±2Aa
PT (g L ⁻¹)	I (24°C)	58±2Aa	59±4Aa	58±3Aa	57±2Aa	61±4Aa
	II (34°C)	58±3Aa	60±5Aa	60±3Aa	58±4Aa	59±5Aa
Ureia (mg dL ⁻¹)	I (24°C)	40,2±6Aa	38,9±5,7Aa	43,3±8,7Aa	37,9±5,3Aa	40,7±10,6Aa
	II (34°C)	38,9±9,4Aa	39,3±7Aa	40±9,4Aa	36,7±5,6Aa	37,7±10,3Aa
Creatinina (mg dL ⁻¹)	I (24°C)	1±0,8Aa	1±0,8Ba	1±0,1Aa	1±0,9Aa	1±0,7Aa
	II (34°C)	1,1±0,3Aa	1,2±0,1Aa	1,2±0,8Aa	1,1±0,3Aa	0,9±0,4Aa
Glicose (mg dL ⁻¹)	I (24°C)	90,3±10,9Aa	98,3±9,5Aa	95,7±14,5Aa	93,7±10,8Aa	96,2±9,9Aa
	II (34°C)	81,5±8,8Ba	86,5±5,9Ba	86,8±17,9Aa	92,4±5,6Aa	92,8±7,8Aa
Lactato* (mg dL ⁻¹)	I (24°C)	30,2±7,1Abc	36,5±10,3Aabc	40,1±11,9Aab	27,1±5,8Ac	44,5±14Aa
	II (34°C)	38±14,9Aa	40,1±15,7Aa	46,4±18,7Aa	44,3±8,3Aa	46,2±14,6Aa

(1) Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na mesma linha e maiúsculas na mesma coluna para mesma característica, diferem entre si (p<0,05) pelo teste de Tukey ou *Wilcoxon.

Tabela 4. Concentrações séricas de TSH, T₄ livre, fosfatase alcalina total (FA) e fosfatase alcalina óssea (FAO) de leitões em fase inicial (15 aos 30 kg) submetidos aos tratamentos (dietas) e mantidos em ambiente termoneutro (24°C) e quente (34°C)

Variáveis	Grupos	Dieta 1	Dieta 2	Dieta 3	Dieta 4	Dieta 5
		0,107%	0,214%	0,321%	0,428 %	0,535%
TSH* (uIU L ⁻¹)	I (24°C)	0,2±0,4Ba	0,2±0,3Ba	0,1±0,1Ba	0,2±0,3Aa	0,2±0,2Ba
	II (34°C)	0,3±0,2Aa	0,3±0,1Aa	0,3±0,2Aa	0,2±0,6Aa	0,3±0,1Aa
T4 livre (ng dL ⁻¹)	I (24°C)	1±0,2Aa	0,8±0,1Ab	0,7±0,2Ab	0,6±0,7Ab	0,67±0,1Ab
	II (34°C)	0,8±0,2Ba	0,7±0,1Aab	0,6±0,8Bb	0,6±1Ab	0,6±0,1Ab
FA* (U L ⁻¹)	I (24°C)	285,7±92,4Aa	212,8±55,8Aac	191,6±20,6Aac	169,5±25,1Abc	174±56,1Abc
	II (34°C)	212,6±65,8Aa	169,1±53,3Aab	140,4±34,1Bb	154,3±28Ab	131,5±31,6Bb
FAO (ng dL ⁻¹)	I (24°C)	95,7±29,3Aa	64,1±23,7Ab	55,7±14,9Ab	48,9±14,2Ab	48,5±20,9Ab
	II (34°C)	75,4±30,0Aa	52,6±25,6Aa	44,2±11,4Aa	50,2±11,6Aa	43,1±11,6Aa

(1) Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na mesma linha e maiúsculas na mesma coluna para mesma característica, diferem entre si (p<0,05) pelo teste de Tukey ou *Wilcoxon.

4.3. CAPÍTULO III

Efeito dos teores de fósforo e ambiente sobre o perfil bioquímico sanguíneo e peso corporal de leitões³

Effect of phosphorus contents and environment on blood biochemical profile and body weight of piglet

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi comparar o efeito de diferentes níveis de fosfato bicálcico na dieta em ambiente termoneutro (22°C) e quente (32°C) sobre o perfil bioquímico sanguíneo e peso corporal de leitões em fase de crescimento I (30kg). O experimento foi realizado em câmaras climáticas com temperatura regulada para o conforto térmico (22°C) e quente (32°C). Foram utilizados 120 leitões híbridos comerciais, em delineamento experimental inteiramente casualizados com cinco tratamentos (dietas) e seis repetições. Os tratamentos foram constituídos de uma ração basal (dieta 1), sem suplementação de fósforo (P), contendo 0,116% de fósforo disponível com quatro níveis de suplementação de fosfato bicálcico comercial: 0,211% (dieta 2); 0,306% (dieta 3); 0,401% (dieta 4); 0,496% (dieta 5). No início e final do período experimental foi determinado o peso corporal e foram coletadas amostras de sangue, para a mensuração de alguns componentes bioquímicos sanguíneos. Foi encontrada diferença nas concentrações de sódio, potássio, cálcio, fósforo, albumina, proteínas totais, ureia, creatinina, glicose, lactato, TSH, fosfatase alcalina total e óssea. O aumento nos teores de fósforo nas dietas não influenciou o ganho de peso corporal e o sódio, potássio e Diferença de Íons Fortes (DIF) são indicadores de estresse calórico. O ambiente quente causou hipernatremia, levando ao aparecimento de alcalose metabólica.

Palavras-chave: Estresse calórico, fósforo, metabólitos sanguíneos, suínos.

ABSTRACT

This study was designed to compare the effect of different levels of diet inorganic phosphate in hot and (32°C) thermoneutral environment (22°C) on blood biochemical profile and body weight of piglets in the growth stage I (30kg). The experiment was conducted in climatic chambers with regulated temperature for thermal comfort (22°C)

³ Artigo redigido conforme as normas do Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia

hot and environment (32°C). A total of 120 commercial hybrid pigs were used in a completely randomized experimental design with five treatments (diets) and six replications. The treatments consisted of a basal diet (diet 1) without supplemental phosphorus (P), containing 0.116% available with four levels of supplementation of commercial dicalcium phosphate phosphorus: 0.211% (diet 2), 0.306% (diet 3), 0.401% (diet 4), 0.496% (diet 5). At the beginning and end of the experimental period was determined body weight and blood samples were collected, for the measurement of some blood biochemical components. Difference was found in the concentrations of sodium, potassium, calcium, phosphorus, albumin, total protein, urea, creatinine, glucose, lactate, TSH, total and bone-specific alkaline phosphatase. The increase in phosphorus concentration in the diets did not affect body weight gain and sodium, potassium and Strong Ion Difference (DIF) are indicators of heat stress. The hot environment cause hypernatremia, leading to the onset of metabolic alkalosis.

Keys-words: Heat stress, phosphorus, blood metabolites, pigs.

INTRODUÇÃO

A alimentação é o principal fator de competitividade na suinocultura brasileira (Miele et al., 2011). Até o ano de 2013, a alimentação correspondia entre 60 a 80% do custo total na produção de suínos, variando de acordo com a região ou estado (ABCS, 2014). A formulação de rações para suínos são feitas à base de milho e farelo de soja e suas exigências nutricionais são atendidas de acordo com diversos fatores como ração, linhagem, sexo, fase de crescimento, nível energético, temperatura ambiente, entre outros (Rostagno et al., 2005).

A temperatura ambiente é um dos principais fatores que podem causar efeito negativo em suínos no período de crescimento (Brêtas et al., 2009). Esses animais quando mantidos em ambientes quentes, podem não alcançar seu melhor desempenho genético para deposição de carne magra na carcaça. Estudos sobre efeitos do ambiente em relação à nutrição são de grande importância e têm sido avaliados (Kiefer et al., 2009; Batista et al., 2011; Brêtas et al., 2011). Neste sentido, a identificação da necessidade de nutrientes na condição quente irá permitir a formulação de dietas que fornecem a quantidade adequada de nutrientes de acordo com a capacidade de consumo de ração de suínos nestas condições ambientais (Alebrante et al., 2011).

Por isso, é de extrema importância considerar a temperatura ambiente como um dos principais fatores que podem comprometer a eficiência produtiva dos suínos (Brêtas et al., 2011). Com o advento da bioquímica clínica, a avaliação do status nutricional de um rebanho pode ser realizada mediante a determinação de alguns metabólitos sanguíneos. Segundo Bezerra (2006) uma das maiores dificuldades da utilização da bioquímica clínica é a sua interpretação, devido à falta de valores de referência adequados. Este mesmo autor afirma que há uma variação de resultados obtidos, dependendo da idade do animal, raça, estado fisiológico, clima, época do ano, entre outros.

As análises sanguíneas servem como um primeiro sinal de alerta diante do problema metabólico, para que, em casos de detectar uma alteração, possam ser realizados os diagnósticos pertinentes e assim, corrigir oportunamente a situação (Kaneko et al., 2008). O objetivo deste trabalho foi comparar o efeito de dietas com diferentes teores de fosfato bicálcico sobre componentes bioquímicos sanguíneos e peso corporal de leitões em fase de crescimento I (30kg), mantidos em ambientes de conforto térmico (22°C) e quente (32°C).

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado nas câmaras climáticas do Setor de Suinocultura do Departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, MG, com latitude: -20.7546 e longitude: -42.8825.

Foram utilizados 120 leitões híbridos comerciais divididos em dois grupos com 60 animais cada, sendo o grupo I para temperatura de conforto térmico (22°C) e o grupo II para a temperatura de estresse por calor (32°C). O peso corporal médio inicial dos leitões foram respectivamente, 30,2±0,8kg e 29,9±0,9kg para os animais do grupo I (22°C) e II (32°C).

Os animais foram alojados em gaiolas metálicas suspensas (2m²/animal), com piso e laterais teladas, dotadas de comedouros semi-automáticos e bebedouros tipo chupeta, em sala climatizada, construída em alvenaria, com piso de concreto, coberta com telhas de cerâmica, forração em madeira e janelas de vidro com sistema basculante.

A temperatura interna da sala foi mantida em torno de 21,86±0,6°C com umidade relativa de 76,9±7,6% (Grupo I) e de 31,6±1,1°C com umidade relativa de

72,8±8,2% (Grupo II) por meio de aquecedores elétricos, modelo Seletro e, por dois aparelhos de ar condicionado de 18.000 BTUs cada. As condições ambientais no interior das baias foram monitoradas diariamente, por meio de termômetros de bulbo seco e úmido. Todos os termômetros foram mantidos em uma gaiola vazia próxima ao centro da sala à meia altura do corpo animal.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com cinco tratamentos (dietas), seis repetições e dois animais por unidade experimental. A unidade experimental foi representada pela gaiola e o período experimental compreendeu 35 dias.

Os tratamentos foram constituídos de uma ração basal, sem suplementação de fósforo, composta principalmente por milho e farelo de soja, suplementada com vitaminas, minerais e aminoácidos e distribuídos da seguinte forma: ração basal (dieta 1), sem suplementação de fósforo (P), contendo 0,116% de fósforo disponível; e ração basal com quatro níveis de suplementação de fosfato bicálcico comercial: 0,211 (dieta 2); 0,306 (dieta 3); 0,401 (dieta 4); 0,496% (dieta 5) de fósforo disponível e todas foram isoproteicas, isoenergéticas e isocálcicas (Tab. 1).

As rações foram formuladas de acordo com as recomendações para leitões de 30 a 60kg para todos os nutrientes, segundo Rostagno et al. (2005), exceto o fósforo (Tab. 1). Os animais receberam as rações experimentais e água ad libitum e foram pesados no início dos tratamentos (M0) e no final do período experimental (M1) para a determinação do ganho de peso corporal.

Amostras de sangue foram coletadas imediatamente antes (M0) e ao término do período experimental (M1), por meio de venopunção do sinus orbital com agulhas descartáveis hipodérmicas 40x16, sem jejum prévio. A seguir, as amostras foram acondicionadas em frascos de 10mL sem anticoagulante para obtenção de soro e frascos de 5mL contendo fluoreto de sódio para obtenção do plasma. Após a separação, foram mantidas congeladas a -20°C até o momento das análises laboratoriais para a mensuração de: sódio e potássio (espectrofotômetro de chama), com uso do Fotômetro de Chama B462 (Micronal, São Paulo, Brasil) cloreto, fósforo, cálcio total, magnésio, albumina, proteína total, ureia, creatinina, fosfatase alcalina total, glicose e lactato

Tabela 1 – Composição percentual e calculada das rações experimentais de suínos em fase de crescimento I (30 a 60kg).

Ingredientes	Níveis de fósforo disponível (%)				
	0,116	0,211	0,306	0,401	0,496
Milho	55,698	55,698	55,698	55,698	55,698
Farelo de soja	39,485	39,485	39,485	39,485	39,485
Óleo soja	1,483	1,483	1,483	1,483	1,483
Fosfato bicálcico	0,000	0,433	0,983	1,298	1,730
Calcário	1,534	1,258	0,865	0,706	0,430
Areia lavada	0,900	0,743	0,586	0,430	0,274
DL-metionina	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025
Premix – Vitaminas ¹	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
Premix – Minerais ²	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
Promotor de crescimento	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Sal	0,415	0,415	0,415	0,415	0,415
BHT	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Composição nutricional calculada					
EM (kcal/kg)	3.230	3.230	3.230	3.230	3.230
Proteína bruta (%) ³	22,510	22,510	22,510	22,510	22,510
Lisina digestível (%) ³	1,104	1,104	1,104	1,104	1,104
Met + Cist digestível (%) ³	0,660	0,660	0,660	0,660	0,660
Sódio (%)	0,180	0,180	0,180	0,180	0,180
Cálcio (%)	0,700	0,700	0,700	0,700	0,700
Cálcio analisado (%)	0,730	0,730	0,730	0,730	0,730
P total analisado (%)	0,343	0,423	0,503	0,583	0,663
P disponível (%)	0,116	0,211	0,306	0,401	0,496
Relação Ca:P	2:1	1,7:1	1,4:1	1,2:1	1,1:1

¹ Conteúdo/kg de produto: Vitamina A (8.000.000 UI); Vitamina D3 (2.000.000 UI); Vitamina E (10.000 mg); Ácido Fólico (800 mg); Pantotenato de cálcio (12.000 mg); Biotina (50 mg); Niacina (25.000 mg); Piridoxina (2.000 mg); Riboflavina (5.000 mg); Tiamina (1.500 mg); Vitamina B12 (20.000 mg); Vitamina K3 (1.500 mg); Selênio (320 mg); Antioxidante (30.000 mg).

² Conteúdo/kg de produto: Cobre (30.000 mg); Zinco (160.000 mg); Iodo (1.900 mg); Ferro (100.000 mg); Manganês (70.000 mg).

³ Valores estimados com base nos coeficientes de digestibilidade dos aminoácidos dos ingredientes, de acordo com Rostagno et al. (2005).

(método colorimétrico), com uso de aparelho eletrônico de automação Humastar300 (Human, Itabira, Brasil); TSH, T₄ livre e fosfatase alcalina óssea (método de quimioluminescência), com uso do aparelho Access Immunoassay System (Beckman Coulter, Rio de Janeiro, Brasil).

Foi realizada a estatística descritiva para a obtenção das médias (\pm) e desvio-padrão (sd) de todas as variáveis estudadas. Os dados foram avaliados pelos testes de Lilliefors e Cochran & Bartlett para verificar a normalidade dos dados e homogeneidade das variâncias, respectivamente. Atendendo a premissas da ANOVA, foi realizada a análise de variância e aquelas variáveis que não atenderem, foram submetidas aos procedimentos não paramétricos pelo teste de Kruskal-Wallis, Wilcoxon e Duncan. Empregou-se o programa SAEG-9.0 (UFV, 2007). Para todas as análises foram adotadas a significância de 5%.

O experimento foi aprovado pelo comitê de Ética do Departamento de Veterinária, sob Protocolo UFV n. 47/2011.

Resultados e discussão

Os resultados obtidos do peso corporal não apresentaram diferença ($P>0,05$) entre as dietas nos animais do grupo I (22°C) e II (32°C) (Tab. 2). Esse achado sugere que, para essa fase de crescimento não é necessário o ajuste nas concentrações de fósforo na dieta, visto que o desempenho foi semelhante em todas as dietas e nos ambientes estudados.

Foi observada diferença ($P>0,05$) no peso corporal entre os grupos I (22°C) e II (32°C), nas dietas 3 (0,306%) e 4 (0,401 %), com valores inferiores nos animais do grupo II (32°C) (Tab. 2). Apesar dessa diferença, pode-se deduzir que também não seria necessária a suplementação de fósforo na dieta de animais nesta fase de crescimento em ambiente quente, visto que a dieta basal (0,116%) obteve o mesmo ganho que as demais. Em um estudo semelhante, Kiefer et al. (2009) encontraram redução de 25,5% no ganho de peso nos animais em ambiente quente alimentados com dieta basal segundo Rostagno et al. (2000), diferindo dos resultados do presente estudo. Do mesmo modo, Manno et al. (2006) também encontraram menor ganho de peso em animais submetidos a ambientes quentes. Com esses resultados divergentes, notou-se que a alimentação é o principal fator diferencial para o crescimento de suínos em ambiente quente, visto que a

adequação de nutrientes utilizadas no presente estudo foi realizada com base nas exigências de leitões de alto potencial genético, segundo tabelas brasileiras propostas por Rostagno et al. (2005), diferindo dos autores supracitados.

As concentrações de sódio, potássio, cloreto e magnésio não apresentaram diferença ($P > 0,05$) entre as dietas, tanto no grupo I (22°C) quanto no grupo II (32°C). No entanto, houve diferença ($P < 0,05$) entre os grupos I (22°C) e II (32°C) nos valores de sódio e potássio (Tab. 2). Notou-se um aumento nos valores de sódio no ambiente quente (32°C), podendo levar a um estado de hipernatremia. Sabe-se que à medida que os suínos crescem, diminui a superfície de contato com o ambiente para as trocas de calor, devido aumento da gordura subcutânea. Com isso para aumentar a capacidade de dissipar calor em altas temperaturas, o animal aumenta sua frequência respiratória, levando a uma perda de água importante, gerando quadros de desidratação, confirmando a afirmação de González e Silva (2006). Diante disso, acredita-se que houve a ativação do sistema renina-angiotensina-aldosterona induzindo a retenção sódio e água nos túbulos renais para manutenção da pressão osmótica, alterando as concentrações de sanguíneas de sódio dos animais mantidos em ambiente quente, conforme encontrado nos animais deste estudo.

Comportamento semelhante foi verificado nas concentrações do potássio que, mesmo sendo excretado via renal se apresentou com concentrações maiores no ambiente quente (32°C). Quando ocorre a dificuldade do organismo em dissipar o calor para o ambiente, são ativados sistemas de tamponamento. Um dos mecanismos compensatórios desvia os íons H^+ para o interior da célula, provocando a saída de potássio para o meio extracelular, mantendo seus níveis sanguíneos elevados, como observado nos animais do presente estudo.

A mensuração da diferença dos íons fortes (DIF) apresentou diferença ($P < 0,05$) entre as dietas apenas no grupo I (22°C), onde a dieta 5 (0,496%) demonstrou os maiores valores (Tab. 2). Apesar disso, os valores encontrados foram considerados dentro dos limites fisiológicos para a espécie, devido às concentrações de sódio, potássio e cloreto permanecerem com suas concentrações séricas constante em todas as dietas. Segundo Kaneko et al. (2008) e Radostits et al. (2010), os valores encontrados neste estudo, poderiam ser considerados normais para a espécie.

Tabela 2. Peso corporal e concentrações séricas de cloreto, fósforo, sódio, potássio, magnésio total, cálcio total e Diferença de Íons Fortes (DIF)⁽¹⁾ de leitões em fase de crescimento I (30-60kg) submetidos aos tratamentos (dietas) e mantidos em ambiente termoneutro (22°C) e quente (32°C)⁽²⁾.

Variáveis	Grupos	Dieta 1	Dieta 2	Dieta 3	Dieta 4	Dieta 5
		0,116%	0,211%	0,306%	0,401 %	0,496%
Peso corporal (Kg)	I (22°C)	61,3±3,9Aa	62±2,5Aa	62,6±1,7Aa	63,1±2Aa	67,2±2,2Aa
	II (32°C)	58,8±3,1Aa	60,5 ± 2,2Aa	60 ± 3,1Ba	58,9±2,8Ba	60,9 ± 3Aa
Sódio (mEq/L)	I (22°C)	145,3±5,0Ba	144,1±5,0Ba	143,1±5,3Aa	141,8±4,1Ba	147±5,2Ba
	II (32°C)	157,7±10,3Aa	156,5±12,3Aa	155,9±8,4Aa	156,2±12,0Aa	157,3±11,7Aa
Potássio (mEq/L)	I (22°C)	5,9±0,7Aa	5,5±0,5Ba	5,3±0,5Ba	5,5±0,6Ba	5,8±0,6Ba
	II (32°C)	6,6±0,8Aa	6,5±1,0Aa	6,4±0,7Aa	6,3±0,6Aa	6,9±0,9Aa
Cloreto (mEq/L)	I (22°C)	107,9±1,8Aa	108,9±1,9Aa	109,1±1,6Aa	108,3±1,8Aa	108±1,6Aa
	II (32°C)	107,7±2,1Aa	107,7±3,3Aa	107,8±2,8Aa	106,3±3,2Aa	107±3,2Aa
DIF** (mEq/L)	I (22°C)	43,3±6Bab	40,7±5,3Bab	39,3±6Bb	39±4,8Bb	44,8±4,7Ba
	II (32°C)	56,7±12,1Aa	55,3±16Aa	54,5±10,4Aa	56,1±13,9Aa	57,3±13,7Aa
Cálcio (mg/dL)	I (22°C)	10,2±0,7Aa	9,0±0,9Ab	9,3±0,5Ab	9,1±0,9Ab	9,2±0,4Ab
	II (32°C)	8,7±2,9Aa	9,2±2,3Aa	9,1±2,3Aa	8,9±1,9Aa	8,3±3,4Aa
Fósforo (mg/dL)	I (22°C)	8,3 ± 0,4Ac	8,9 ± 1,1Abc	9,7±0,6Aab	9,6±0,8Aab	9,9±0,4Aa
	II (32°C)	7,3 ± 1,3Ba	7,5 ± 1,2Ba	8,2 ± 1,1Ba	8,1 ± 1,2Ba	8,3 ± 1,3Ba
Magnésio* (mg/dL)	I (22°C)	2,6±0,2Aa	2,4±0,3Aa	2,5±0,6Aa	2,7±0,5Aa	2,6±0,2Aa
	II (32°C)	2,2±0,4Aa	2,2±0,4Aa	2,1±0,4Aa	2,3±0,3Aa	2,3±0,6Aa

⁽¹⁾ DIF = [Na+] + [K+] - [Cl-]

⁽²⁾ Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na mesma linha e maiúsculas na mesma coluna diferem entre si, (p<0,05) para as mesmas características, pelo teste de Tukey, *Kruskal wallis ou **Duncan.

Entretanto, em um trabalho desenvolvido por Mayengbam et al. (2012) para traçar o perfil eletrolítico de suínos da raça Zovawk de Mizoram, na Índia, foram encontrados valores médios de 191.14 ± 3.60 mEq/L de sódio, 3.49 ± 0.14 mEq/L de potássio e 93.94 ± 0.72mEq/L de cloreto, diferindo dos resultados encontrados neste ensaio, evidenciado que fatores como raça, clima e nutrição podem interferir nos resultados de variáveis bioquímicas sanguíneas.

Os valores do DIF apresentaram diferença ($P < 0,05$) entre os grupos I (22°C) e II (32°C), onde os maiores valores foram encontrados nos animais do grupo II (32°C). Possivelmente esse evento ocorreu devido aos animais não conseguirem liberar energia em forma de calor. Como consequência, são ativados mecanismos de tamponamento desses íons para manutenção do pH sanguíneo. Esse processo é realizado pelo aumento da frequência respiratória, proteínas e excreção renal, na tentativa de eliminar ou neutralizar o excesso de ácidos produzidos. Apesar de não ter sido aferida a frequência respiratória dos animais desse estudo, foi observada aumento dos movimentos respiratórios nos animais do grupo II (32°C). Como consequência, houve aumento na eliminação de CO_2 , o qual pode ter ocasionado diminuição na pCO_2 . Contudo, o principal fator de compensação é executado pelos os rins, que excretam H^+ e reabsorvem bicarbonato e sódio. A reabsorção de sódio decorrente do processo de excreção de íons H^+ gerou o acréscimo desse eletrólito no sangue, ocasionando o aumento nos valores do DIF, o qual sinaliza um quadro de alcalose metabólica.

O cálcio e o fósforo demonstraram diferença ($P < 0,05$) entre as dietas apenas no grupo I (22°C). As concentrações de fósforo se apresentaram maiores nas dietas suplementadas com fosfato bicálcico, enquanto o cálcio demonstrou comportamento inverso (Tab. 2), evidenciando que a quantidade de cálcio e fósforo na dieta influenciaram diretamente suas concentrações sanguíneas, confirmando a afirmação de González e Silva (2006), os quais descreveram que à medida que o fósforo aumenta, o cálcio decresce.

Nos animais do grupo I (22°C), a relação sanguínea de cálcio/fósforo foi de 1,2:1 na dieta 1 (0,116%) e 1:1 nas demais dietas (0,211; 0,306; 0,401 e 0,496%, respectivamente). É importante ressaltar os valores encontrados demonstraram o desequilíbrio do cálcio e fósforo sanguíneos, preconizada em torno de 1,3:1 por Kaneko et al. (2008) e Radostits et al. (2010) que diferem deste estudo nas dietas suplementadas com fósforo. Outro achado importante é que à medida que se aumentam os teores de fósforo na dieta, aumentam também suas concentrações séricas. Com isso, pode-se inferir que os parâmetros bioquímicos sanguíneo mostraram que a dieta influenciou diretamente as concentrações desses minerais no sangue.

Na avaliação entre os grupos, houve diferença ($P < 0,05$) apenas nos valores de fósforo sérico, onde foram observados menores concentrações no ambiente quente

(32°C), em todas as dietas. Acredita-se que esse fato ocorreu devido ao aumento da demanda de energia no ambiente quente tanto para a manutenção quanto para os processos metabólicos de crescimento muscular, visto que o ganho de peso corporal foi igual ao termoneutro, nas dietas 1 (0,116%), 2 (0,211%) e 5 (0,496%).

O magnésio não apresentou diferença ($P>0,05$) entre as dietas e também entre os grupos I (22°C) e II (32°C) nos animais avaliados (Tab. 2).

As concentrações de albumina sérica não apresentaram diferença ($P>0,05$) entre as dietas (Tab. 3) nos grupos estudados (22 e 32°C). Porém, apresentou diferença ($P<0,05$) entre os grupos I (22°C) e II (32°C), onde se observou valores inferiores no ambiente quente. Possivelmente essa diminuição ocorreu devido à diminuição da ingestão de alimentos, visto que os valores de ureia também apresentaram comportamento semelhante que, segundo González e Silva (2006), a diminuição da ingestão de proteínas na dieta pode levar a essa diminuição observada neste estudo. Esse achado confirmaram os estudos de Brêtas et al. (2009) e Alebrante et al. (2011) que encontraram efeito negativo da temperatura ambiente sobre o ganho de peso corporal em suínos no período de crescimento.

Foi verificada diferença ($P<0,05$) nos valores de proteína total entre as dietas (Tab. 3) apenas no grupo I (22°C), onde foram encontrados menores concentrações nas dietas suplementadas com fósforo. Acredita-se que essa diminuição tenha ocorrido devido ao melhor aproveitamento da proteína da dieta para o crescimento da massa muscular.

Foi observada diferença ($P<0,05$) entre os grupos I (22°C) e II (32°C) nas concentrações de proteínas totais (Tabela 3) apenas na dieta 4 (0,401%), onde verificou-se menores valores nos animais mantidos no ambiente termoneutro. Apesar de não demonstrarem diferenças entre os ambientes nas demais dietas, foi percebido um discreto aumento nos valores de proteínas totais nos animais mantidos em ambiente quente. Possivelmente esse achado foi decorrente de uma desidratação leve causada pelo aumento da frequência respiratória. Esse achado também verificado nas concentrações de sódio dos animais mantidos em ambiente quente (Tab. 2).

As concentrações de ureia, creatinina, glicose e lactato não apresentaram diferença ($P>0,05$) entre as dietas nos grupo I (22°C) e II (32°C).

Tabela 3. Concentrações séricas de albumina, proteína total (PT), ureia, creatinina e plasmática de glicose e lactato de leitões em fase de crescimento I (30-60kg) submetidos aos tratamentos (dietas) e mantidos em ambiente termoneutro (22°C) e quente (32°C)⁽¹⁾.

Variáveis	Grupos	Dieta 1	Dieta 2	Dieta 3	Dieta 4	Dieta 5
		0,116%	0,211%	0,306%	0,401 %	0,496%
Albumina (g/L)	I (22°C)	38 ± 9Aa	37 ± 1Aa	38 ± 2Aa	38 ± 2Aa	38 ± 2Aa
	II (32°C)	33 ± 3Ba	32 ± 3Ba	34 ± 2Ba	33 ± 2Ba	33 ± 2Ba
PT (g/L)	I (22°C)	63 ± 3Aa	58 ± 3Ab	62 ± 3Aab	59 ± 4Bab	60 ± 6Ab
	II (32°C)	61 ± 6Aa	62 ± 8Aa	65 ± 5Aa	63 ± 9Aa	64 ± 11Aa
Ureia (mg/dL)	I (22°C)	60,5 ± 6,0Aa	60,1 ± 7,6Aa	58,2 ± 3,8Aa	59,2 ± 8,2Aa	57,2 ± 8,5Aa
	II (32°C)	57,5 ± 10,3Aa	57,2 ± 7,3Aa	53,6 ± 8,4Aa	53,7 ± 10,6Aa	50,3 ± 7,3Ba
Creatinina (mg/dL)	I (22°C)	1,2 ± 0,2Aa	1,2 ± 0,1Aa	1,2 ± 0,9Aa	1,2 ± 0,1Aa	1,1 ± 0,1Aa
	II (32°C)	1,0 ± 0,2Ba	1,1 ± 0,3Aa	1,1 ± 0,2Ba	1,1 ± 0,2Aa	1,0 ± 0,2Aa
Glicose (mg/dL)	I (22°C)	89,8 ± 19,7Aa	82,7 ± 8,2Aa	84,9 ± 9,3Aa	80,5 ± 10,2Aa	79,0 ± 6,9Aa
	II (32°C)	72,2 ± 7,5Ba	74,0 ± 8,6Ba	72,6 ± 7,4Ba	66 ± 7,4Ba	71,6 ± 8,7Ba
Lactato (mg/dL)	I (22°C)	45,1 ± 25,1Aa	38,5 ± 23,9Aa	30,7 ± 12,2Aa	29,3 ± 13,1Aa	31 ± 12,6Aa
	II (32°C)	26,2 ± 8,9Ba	28,5 ± 70Aa	28,1 ± 10,6Aa	27,7 ± 7,3Aa	30,4 ± 9,5Aa

⁽¹⁾Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na mesma linha e maiúsculas na mesma coluna diferem entre si (p<0,05) para as mesmas características, pelo teste de Tukey.

Na comparação entre os grupos, notou-se diferença (P<0,05) nos valores desses metabólitos. A ureia demonstrou diferença (P<0,05) apenas na dieta 5 (0,496%). Apesar desse comportamento somente na dieta 5 (0,496%), foi verificado que as concentrações de ureia dos animais mantidos em ambiente quente se mostraram menores que os do ambiente termoneutro. Provavelmente pode ter ocorrido uma menor ingestão de ração dos animais em ambiente quente, assim como foi encontrado nas concentrações de albumina, visto que os níveis de ureia sanguínea são consideradas com marcadores da ingestão de proteínas na dieta, segundo See et al. (2004) e González e Silva (2006). A creatinina também apresentou comportamento semelhante (Tab. 3), demonstrando diferença (P<0,05) nas dietas 1 (0,116%) e 3 (0,306%). Porém, seus valores permaneceram dentro dos limites considerados fisiológicos para a espécie, de acordo com Kaneko et al. (2008) e Radostits et al. (2010). Esse achado evidenciou que mesmo sendo utilizada para a manutenção do equilíbrio eletrolítico e ácido base, os rins permaneceram sem alterações durante o período experimental.

A glicose plasmática exibiu menores concentrações (Tab. 3) nos animais mantidos no ambiente quente (32°C). Isso demonstra que provavelmente houve um desvio de energia para a manutenção devido ao calor e também pela diminuição da ingestão alimentar ou ambas. Porém, os valores encontrados para glicose nos animais em estudo, não os levaram a um quadro de hipoglicemia. Comportamento semelhante foi verificado nos valores de lactato plasmático, que provavelmente foi utilizado no ciclo de cori para manutenção dos níveis de glicose plasmática dentro dos limites fisiológicos.

Não houve diferença ($P>0,05$) entre as dietas nas concentrações de TSH (Tab. 4). Porém houve diferença ($P<0,05$) entre os grupos (22 e 32°C), na dieta 5 (0,496%), com resultados inferiores nos animais mantidos em ambiente termoneutro (22°C).

Tabela 4. Concentrações séricas de TSH, T₄ livre, fosfatase alcalina total (FA) e fosfatase alcalina óssea (FAO) de leitões em fase de crescimento I (30-60kg) submetidos aos tratamentos (dietas) e mantidos em ambiente termoneutro (22°C) e quente (32°C)⁽¹⁾.

Variáveis	Grupos	Dieta 1	Dieta 2	Dieta 3	Dieta 4	Dieta 5
		0,116%	0,211%	0,306%	0,401 %	0,496%
TSH*	I (22°C)	0,09±0,8Aa	0,08 ±1Aa	0,06 ±0,6Aa	0,04 ±0,6Aa	0,04 ±0,3Ba
	II (32°C)	0,2 ± 0,5Aa	0,11 ± 0,2Aa	0,05 ±0,1Aa	0,07 ± 0,1Aa	0,16 ±0,4Aa
T4 livre*	I (22°C)	0,8 ± 0,17Aa	0,8 ± 0,2Aa	0,7 ± 0,5Aa	0,8 ± 0,2Aa	0,7 ± 0,1Aa
	II (32°C)	0,9 ± 0,2Aa	0,9 ± 0,2Aa	0,8 ± 0,1Aa	0,8 ± 0,2Aa	0,8 ± 0,2Aa
FA	I (22°C)	139,7±25,7Aa	119,4±22,2Aa	114,9±12Aa	112,3±21,6Aa	124,2±31,8Aa
	II (32°C)	110,4±52,6Aa	110,8±29,2Aa	95,2 ± 26Ba	85,4±24,8Ba	102,3 ± 41Aa
FAO	I (22°C)	35,8 ± 5,7Aa	32,8 ± 7,8Aa	30,7±4,6Aa	29,7 ± 6,9Aa	33 ± 12,5Aa
	II (32°C)	23,1±13,8Ba	24,6 ± 7,4Ba	17,8±5,9Ba	16,6 ± 4,7Ba	21, ± 7,6Ba

⁽¹⁾Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na mesma linha e maiúscula na mesma coluna diferem entre si ($p<0,05$), pelo teste de Tukey ou *Kruskal Wallis.

Em um estudo feito por Dantas (2009) foi verificado valores de TSH acima dos encontrados neste trabalho. Porém, esse referido autor, realizou um experimento com suínos em fase de crescimento II em ambiente termoneutro. Já nos valores de T₄ livre, não foi observada diferença ($P>0,05$) entre as dietas e entre os grupos estudados (22 e 32°C). Alguns estudos vem sendo desenvolvidos com a finalidade de verificar os efeitos

negativos da temperatura ambiente em suínos (Batista et al., 2011; Cazarra, 2012) sobre hormônios da tireoide e concluíram que altas temperaturas causam redução nos níveis de TSH e T₄ total, o que difere dos resultados encontrados neste estudo. Como não está descrito na literatura consultada valores de referência para os hormônios avaliados neste ensaio.

A fosfatase alcalina total e óssea não demonstrou diferença ($P>0,05$) entre as dietas nos grupos I (22°C) e II (32°C). Entretanto, ambas apresentaram diferença ($P<0,05$) entre os grupos avaliados (22 e 32°C). Embora a fosfatase alcalina total só tenha mostrado diferença nas dietas 3 (0,306%) e 4 (0,401%), todos seus valores se apresentaram menores no ambiente quente (Tab. 4), sugerindo uma diminuição na atividade enzimática quando ocorre aumento na temperatura corporal. Comportamento semelhante foi observado nas concentrações de fosfatase alcalina óssea, sugerindo uma diminuição no metabolismo dos osteoblastos, com conseqüente redução de crescimento ósseo.

Conclusões

Conclui-se que, nos animais avaliados, o aumento nos teores de fosfato bicálcico nas dietas não influenciou o ganho de peso corporal no ambiente termoneutro (22°C) e no quente (32°C). A melhor dieta para os animais mantidos no ambiente termoneutro (22°C) e quente (32°C) foi a dieta 1 (0,116%), visto que a adição de fosfato bicálcico na dieta representa um maior custo de produção. O ambiente quente (32°C) causa hipernatremia, que por sua vez, gera aumento no DIF. A concentração de fósforo sanguíneo reflete sua ingestão na dieta. O sódio, potássio e a Diferença de Íons Fortes (DIF) são indicadores sensíveis para estresse calórico nos animais desta fase de crescimento.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais, pelo apoio financeiro da pesquisa.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de pessoal de Nível Superior pela concessão de bolsa de doutorado.

Referências

- ABCS. Associação Brasileira de criadores de suínos. Disponível em: <www.abcs.org.br> Acesso em 15 de janeiro de 2014.
- ALEBRANTE, L.; DONZELE, J. L.; OLIVEIRA, R. F. M. et al. Available phosphorus for 15 to 30 kg pigs kept in hot environment. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.40, n.12, p.2725-2731, 2011b.
- BATISTA, R. M.; OLIVEIRA, R. F. M.; DONZELE, J. L. et al. Lisina digestível para suínos machos castrados de alta deposição de carne submetidos a estresse por calor dos 30 aos 60 kg. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.40, n.9, p.1925-1932, 2011.
- BEZERRA, L. R. Desempenho e comportamento metabólico de cordeiros da raça Santa Inês alimentados com diferentes concentrações de *Spirulina platensis* diluída em leite de vaca. 2006. 41f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.
- BRÊTAS, A. A.; FERREIRA, R. A.; AMARANTE JÚNIOR, V. S. et al. Balanço eletrolítico para suínos machos castrados em crescimento mantidos em ambiente de alta temperatura. *Ciências agrotécnicas*, v.35, n.1, p.186-194, 2011.
- BRÊTAS, A. A.; FERREIRA, R. A.; VALE, P. C. B. et al. Estudo do balanço eletrolítico alimentar para suínos machos castrados em acabamento mantidos em ambiente de alta temperatura. *Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias*, v.104, p. 37-43, 2009.
- CARRAZZA, L. G. Hormônios tireoidianos e TSH, desempenho e qualidade de carcaça e carne em suínos imunocastrados alojados em diferentes sistemas de criação. 2012. 64p. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.
- CONSTABLE, P. D. Clinical assessment of acid-base status: strong ion difference theory. *Veterinary Clinical North America Food Animal Practice*, v.15, n.3, p.447-472, 1999.
- DANTAS, W. M. F. Perfil bioquímico sanguíneo e ganho de peso corporal em suínos submetidos a dietas com diferentes níveis de fósforo. 2009. 81p. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Universidade federal de Viçosa, Viçosa.
- GONZÁLEZ, F. H. D.; SILVA, S. C. Introdução à bioquímica clínica. 2.ed, UFRGS, 2006, 360p.

- KANEKO, J. J.; HARVEY, J. W.; BRUSS, M. L. Clinical biochemistry of domestic animals, 5.ed. Academic Press, San Diego, 2008. 932p.
- KIEFER, C.; MEIGNEN, B. C. G.; SANCHES, J. F. et al. Resposta de suínos em crescimento mantidos em diferentes temperaturas. *Archive of Zootecny*, v.58, n.221, p.55-64. 2009.
- 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*, v.35, n.2, p.471-477, 2006.
- MAYENGBAM, P.; TOLENKHOMBA, T.C.; ALI, M. A. P. et al. Electrolyte (Na, K, Cl, Ca, Pi and Mg) profile of Zovawk pigs of Mizoram, India in different age groups. *International Multidisciplinary Research Journal*, v.2, n.2, p.49-51. 2012.
- MIELE, M.; SANTOS FILHO, J. I.; MARTINS, F. M. et al. Custos de produção de suínos em países selecionados, 2010. Comunicado Técnico Embrapa, Concórdia, SC. 2011. 21p.
- RADOSTITS, O. M.; GAY, C. C.; HINCHCLIFF, K. W.; CONSTABLE, P. D. *Veterinary Medicine*. 10.ed. Elsevier, Filadélfia, 2010, 2162p.
- ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L. et al. Composição de alimentos e exigências nutricionais de aves e suínos (Tabelas brasileiras). Ed. Imprensa Universitária, UFV, 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. Imprensa Universitária, UFV, 2005. 186p.
- SEE, M.T.; ARMSTRONG, T.A.; WELDON, W.C. Effect of a ractopamina feeding program on growth performance and carcass composition in finishing pigs. *Journal of Animal Science*, v.82, n.8, p.2474-2480, 2004.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV. Manual de utilização do programa SAEG (Sistema para Análise Estatística e Genéticas). Ed. UFV, 2007. 149p.

CONCLUSÃO GERAL

- Existem diferenças entre valores de constituintes bioquímicos sanguíneos de leitões nas diferentes fases de crescimento.
- A temperatura ambiente e a dieta influenciam diretamente no ganho de peso corporal de suínos nas diferentes fases de crescimento.
- Os suínos mais pesados sofrem mais com o aumento da temperatura.
- A suplementação de fósforo apresentou efeito positivo no ganho de peso corporal em suínos de fase inicial (15kg) em ambos os ambientes térmicos.
- A suplementação de fósforo apresentou efeito positivo no ganho de peso corporal em suínos em fase de crescimento I (30kg), apenas no ambiente quente.
- O ambiente quente promove alterações na homeostase e no ganho de peso corporal nas duas fases estudadas.
- Esses resultados mostraram que o uso de parâmetros bioquímicos sanguíneos em animais de produção retrata o estado metabólico de um indivíduo, tornando-o um instrumento de avaliação tanto nutricional quanto metabólico para o balanço nutricional e detecção precoce de alterações metabólicas.

REFERÊNCIAS

ABIPECS – Associação Brasileira da indústria produtora e exportadora da carne suína – relatório 2013 – disponível em: <www.abipecs.com.br> Acesso em 10 de janeiro de 2014.

ABCS – Associação Brasileira de criadores de suínos – disponível em: <www.abcs.org.br>. Acesso em 15 de janeiro de 2014.

ABREU, M. L. T.; DONZELE, J. L.; OLIVEIRA, R. F. M. et al. Níveis de lisina digestível em rações, utilizando-se o conceito de proteína ideal, para suínos machos castrados de alto potencial genético dos 15 aos 30 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.3, p.1039-1046, 2007.

ALEBRANTE, L.; DONZELE, J. L.; OLIVEIRA, R. F. M. et al. Available phosphorus levels in diets for pigs with high genetic potential for lean meat deposition kept in thermoneutral environment from 15 to 30 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.2, p.323-330, 2011a.

ALEBRANTE, L.; DONZELE, J. L.; OLIVEIRA, R. F. M. et al. Available phosphorus for 15- to 30-kg pigs kept in hot environment. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.12, p.2725-2731, 2011b.

ALVES, M.; GONZÁLEZ, F. H.; CARVALHO, N. Feeding dairy cows with soybean by-products: effects on metabolic profile. **Revista Ciência Rural**. v.34, n.1, p.239-243, 2004.

AROUCA, C. L. C.; FONTES, D. O.; SILVA, F. C. O. et al. Níveis de fósforo disponível para suínos machos castrados dos 60 aos 95kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.2646-2655, 2010.

BAPTISTA, R. I. A. A.; BERTANI, G. R.; BARBOSA, C. N. et al. bem-estar em suínos. **Ciência Rural**, v.41, n.10, p.1823-1830, 2011.

BEZERRA, L.R. **Desempenho e comportamento metabólico de cordeiros da raça Santa Inês alimentados com diferentes concentrações de Spirulina platensis diluída**

em leite de vaca. 2006. 41f. Dissertação (Mestrado em Sistemas Agrosilvopastoris no semi-árido) –Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

BRÊTAS, A. A.; FERREIRA, R. A.; VALE, P. C. B. et al. Estudo do balanço eletrolítico alimentar para suínos machos castrados em acabamento mantidos em ambiente de alta temperatura. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**, v.104, p. 37-43, 2009.

BRÊTAS, A. A., FERREIRA, R. A., AMARANTE JÚNIOR, V. S. et al. Balanço eletrolítico para suínos machos castrados em crescimento mantidos em ambiente de alta temperatura. **Ciências Agrotécnicas**, v.35, n.1, p.186-194, 2011.

BRITO, M. A., GONZÁLEZ, F. H. D., RIBEIRO, L. A. O. et al. Composição do sangue e do leite em ovinos leiteiros no sul do Brasil: variações na gestação e lactação. **Revista Ciência Rural**, v.36, n.3, p.942-948, 2006.

COFFEY, R. D.; PARKER, G. R.; LAURENT, K. M. Feeding growing-finishing pigs to maximize lean grow rate. University of Kentucky. College of Agriculture, 2000. Disponível em:<www.animalgenome.org/edu/h/prod-grow-finish.pdf.> Acesso em 17 de janeiro de 2014.

CUNNINGHAM, J. G. **Tratado de fisiologia veterinária.** Ed. Guanabara Koogan. 4 ed, Rio de Janeiro, 2008. 728p.

DANTAS, W. M. F.; RIBEIRO FILHO, J. D.; GUIMARÃES, J. D. et al. Perfil eletrolítico e peso corporal em suínos submetidos a dietas com diferentes teores de fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, n.10, p.1205-1210, 2010.

DI BARTOLA, S. P. **Fluid, electrolyte, and acid-base disorders in small animal practice.** 4 ed. Ed. Elsevier, Saint Louis, Missouri. 2012: 744p.

FARLEY, J. R.; HALL, S. L.; ILACAS, D. et al. Quantification of skeletal alkaline phosphatase in osteoporotic serum by wheat germ agglutinin precipitation, heat inactivation, and two-site immunoradiometric assay. **Clinical Chemistry**, v.40. p.1749-1756. 1994.

FÁVERO, J.A.; FIGUEIREDO, E.A.P. Evolução do melhoramento genético de suínos no Brasil. **Revista Ceres**, v.56, n.4, p.420-427, 2009.

FERRAZ, J. B. S.; ELER, J. P. Parceria público x privada no desenvolvimento de pesquisa em melhoramento genético animal. **Revista Brasileira de Zootecnia** vol.39 (supl.special), p.216-222, 2010.

FONSECA, L. S.; FERREIRA, R. A.; PIRES, A. V. et al. Balanço eletrolítico em rações para suínos em crescimento. **Revista de Ciências Agrárias**, v.55, p.85-91, 2012.

GIBNEY, M. J.; MacDONALD, I. A.; ROCHE, H. M. **Nutrição e metabolismo**. 1.ed. Ed. Guanabara Koogan, , 2006, 380p.

GONZÁLEZ, F. H. D. O perfil metabólico no estudo de doenças da produção em vacas leiteiras. **Arquivo da Faculdade de Veterinária**, UFRGS, v.25, p.13-33, 1997.

GONZÁLEZ, F. H. D.; CONCEIÇÃO, T. R.; SIQUEIRA, A. J. S. et al. Variações sanguíneas de ureia, creatinina, albumina e fósforo em bovinos de corte no Rio Grande do Sul. **A Hora Veterinária**, n.117, 2000.

GUYTON, A.C.; HALL, J. E. **Tratado de fisiologia médica**. 10. ed. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 2002. 973p.

HENDRICKS, W. H.; MOUGHAN, P. J. Whole-body mineral composition of entire male and female pigs depositing protein at maximal rates. **Livestock Production Science**, v.33, n.1, p.161-170, 1993.

HENRY, J. B. **Diagnósticos Clínicos e Tratamento por métodos laboratoriais**. 20 ed. Ed. Manole, Barueri, São Paulo. 2008.

HOCQUETTE, J. F.; ORTIGUES-MARTY, I.; PETHICK, D. Nutritional and hormonal regulation of energy metabolism in skeletal muscles of meat-producing animals. **Livestock Production Science**, v.56, p.115–143. 1998.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em <www.ibge.gov.br> Acesso em 20 de janeiro de 2014.

KANEKO, J. J.; HARVEY, J. W.; BRUSS, M. L. **Clinical Biochemistry of Domestic Animals**, 5.ed. Academic Press, San Diego, 2008. 932p.

KIEFER, C.; MEIGNEN, B. C. G.; SANCHES, J. F. et al. Resposta de suínos em crescimento mantidos em diferentes temperaturas. **Archive of Zootecny**, v.58, n.221, p. 55-64. 2009.

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

LE DIVIDICH, J.; NOBLET, J.; HERPIN, P. et al. Thermoregulation. Progress in Pig Science/ Thrumpton, Nottingham: Nottingham **University Press**. p.229-263. 1998.

LI, L.A; XIA, D.; BAO, E. D, Erhualian and Pietrain pigs exhibit distinct behavioral, endocrine and biochemical responses during transport. **Livestock Science**, v.113, p.169–177, 2008.

LIMA, A. L.; BATISTA, R. M.; OLIVEIRA, R. F. M. et al. Níveis de lisina digestível em rações, para suínos machos castrados selecionados para deposição de carne na carcaça mantidos a 22°C. **Zootec/2009**, Águas de Lindóia, SP. Resumo expandido. 2009. 3p.

LIU, F.; YIN J.; DU, M. et al. Heat-stress-induced damage to porcine small intestinal epithelium associated with downregulation of epithelial growth factor signaling. **Journal of Animal Science**, v.87, p.1941-1949. 2009.

LUDTKE, C. B.; SILVEIRA, E. T. F.; BERTOLONI, W. et al. Bem-estar e qualidade de carne de suínos submetidos a diferentes técnicas de manejo pré-abate. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.11, n.1, p.231-241, 2010.

MAFRA, D.; COZZOLINO, S. M. F. **Biodisponibilidade de nutrientes**. 4.ed, Ed. Manole, Barueri, São Paulo, 2011. 432p.

MANNO, M. C.; OLIVEIRA, R. F. M.; DONZELE, J. L. et al. Efeito da Temperatura Ambiente sobre o Desempenho de Suínos dos 15 aos 30 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, p.1963-1970, 2005.

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**, v.35, n.2, p.471-477, 2006.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em <www.agricultura.gov.br> Acesso em 16 de janeiro de 2014.

MESCHY, F. **Balance electrolítico y productividad en animales monogástricos**. Cuadernos Técnicos. Ed. INRA, France, 1998. 15p.

MIELE, M.; SANTOS FILHO, J. I.; MARTINS, F. M. et al. Custos de produção de suínos em países selecionados, 2010. **Comunicado Técnico Embrapa**, Concórdia, SC. 2011. 21p.

MOTTA, V. T. **Bioquímica clínica para o laboratório, princípios e interpretações**. 5.ed, Ed. Médica Missau, Caxias do Sul, Porto alegre, 2009. 400p.

MURRAY, R. K.; BENDER, D. A.; BOTHAM, K. M.; KENNELLY, P. J.; RODWELL, V. W.; WEIL, P. A. **Bioquímica ilustrada de Harper**. 29.ed. Ed. Mc Graw-Hill, 2013, 832p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Committee on Animal Nutrition. Subcommittee on Swine Nutrition. Nutrient requirements of swine. 9 ed. Washington: **National Academy of Science**, 1998. 211p.

NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de bioquímica de lehniger**. 5ed. Ed. Artmed, Porto Alegre, 2011. 1304p.

ORLANDO, U. A. D.; OLIVEIRA, R. F. M.; DONZELE, J. L. et al. Níveis de Proteína Bruta e Suplementação de Aminoácidos em Rações para Leitoas Mantidas em Ambiente de Conforto Térmico dos 30 aos 60kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n.1, p.134-141, 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 leitoas mantidas em ambiente termoneutro dos 60 aos 100 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.2, p.478-484, 2006.

PARRA, A. R. P. **Utilização da casca de café na alimentação de suínos na fase de crescimento e terminação**. 2006. 42p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Maringá.

PAULA E SILVA, R. O.; LOPES, A. F.; FARIA, R. M. D. Eletroforese de proteínas séricas: interpretação e correlação clínica. **Revista Médica de Minas Gerais**. v.18, n.2, p.116-122, 2008.

PAYNE, J. M.; DEW, S. M.; MANSTON, R. et al. The use of metabolic profile test in dairy herds. **The Veterinary Record**, v.87, p.150-158, 1970.

PEIXOTO, L. A. O.; OSÓRIO, M. T. M. Perfil metabólico proteico e energético na avaliação do desempenho reprodutivo em ruminantes. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.13, n.3, p.299-304, 2007.

QUINIQU, N.; DUBOIS, S.; NOBLET, J. Voluntary feed intake and feeding behaviour of group-housed growing pigs are affected by ambient temperature and body weight. **Livestock Production Science**, v.63, p.245-253. 2000.

REECE, W. O. **Dukes - Fisiologia dos Animais Domésticos**. 12.ed. Ed. Guanabara Koogan S.A., Rio de Janeiro. 2006. 926p.

RIBEIRO, L. A. O.; GONZÁLEZ, F. H. D.; CONCEIÇÃO, T. R. et al. Perfil metabólico de borregas Corriedale em pastagem nativa do Rio Grande do Sul. **Acta Scientiae Veterinariae**. v.31, n.3, p.167-170, 2003.

RINALDO, D.; LE DIVIDICH, J.; NOBLET, J. Adverse effects of tropical climate on voluntary feed intake and performance of growing pigs. **Livestock Production Science**, v.66, p.223–234. 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**. 2.ed. UFV, Imprensa Universitária, Viçosa, 2005. 186p.

SARAIVA, E. P.; OLIVEIRA, R. F. M.; DONZELE, J. L. et al. Níveis de proteína bruta em rações para suínos machos castrados em fase inicial de crescimento, mantidos em ambiente de baixa temperatura. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.32 (supl. 1), n.6. p.1690-1696. 2003.

SARAIVA, A.; DONZELE, J. L.; OLIVEIRA, R. F. M. et al. Available phosphorus levels in diets for swine from 15 to 30kg genetically selected for meat deposition. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.2, p.307-313, 2009.

SEE, M.T.; ARMSTRONG, T.A.; WELDON, W.C. Effect of a ractopamina feeding program on growth performance and carcass composition in finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v.82, n.8, p.2474-2480, 2004.

SHIELDS Jr, R. G.; MAHAN D. C.; GRAHAM P. L.. Changes in swine body composition from birth to 145 kg. **Journal of animal science**, v.7, p.43-54. 1983.

SMITH, B. P. **Large animal internal medicine**. 4.ed. Mosby Elsevier, Missouri: 2009. 1872p.

STAHLY, T.S.; LUTZ, T.R.; CLAYTON, R.D. Dietary available phosphorus needs of high lean pigs fed from 9 to 119 kg body weight: **Swine Research Report**, p.48-50, 2000.

TAVARES, S. L. S.; OLIVEIRA, R. F. M.; DONZELE, J. L. et al. Influência da temperatura ambiente sobre o desempenho e os parâmetros fisiológicos de leitoas dos 30 aos 60 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.4, p.791-798, 1999.

TEIXEIRA, A. O.; LOPES, D. C.; LOPES, J. B. et al. Determinação da biodisponibilidade de fósforo de diferentes fontes pela técnica de diluição isotópica, em suínos em crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, p.1231-1237, 2004.

VELOSO, J. A. F.; MEDEIROS, S. L. S.; COSTA, E. C. A. Mineralização óssea com quatro fontes de fósforo na terminação de suínos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.52, p.379-384, 2000.

VERHEYEN, J. M.; MAES, D. G. D.; MATEUSEN, B. et al. Serum biochemical reference values for gestating and lactating sows. **The Veterinary Journal**, v.174, p. 92-98, 2007.

VIEITES, F. M.; MORAES, G. H. K.; ALBINO, L. F. T. et al. Balanço eletrolítico e níveis de proteína bruta sobre o desempenho, o rendimento de carcaça e a umidade da cama de frangos de corte de 1 a 42 dias de idade. **Revista Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, p.1990-1999, 2005.

WEISS, D. J.; WARDROP, K. J. **Schalm's veterinary hematology**. 6.ed. Ed. Willey-Black Well, Iowa, USA, 2010. 1206p.

ASHWOOD, E. R. M. D.; BRUNS, D.; BURTIS, C. A. **Tietz Fundamentos de química clínica**. 6.ed. Ed. Elsevier, 2008. 984p.

WITTEWER, F. Empleo de los perfiles metabólicos en el diagnostico de desbalances metabólicos nutricionales en el ganado. **Buiatria**. v.2, p.16-20, 1995.

ANEXOS

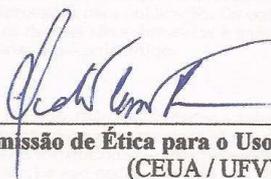
CERTIFICADO

A Comissão de Ética para Uso de Animais (CEUA) / UFV certifica que o processo n.º 47 / 2011, intitulado “**Perfil bioquímico sanguíneo e ganho de peso corporal de suínos em crescimento submetidos a dietas com diferentes concentrações de fósforo mantidos em ambiente termoneutro e estressado por calor**”, coordenado pelo Prof. José Dantas Ribeiro Filho do Departamento de Veterinária está de acordo com o Código de Ética Profissional do Médico Veterinário, com os Princípios Éticos na Experimentação Animal adotados pelo Colégio Brasileiro de Experimentação Animal (COBEA) e com a legislação vigente, tendo sido aprovado por esta Comissão em 21/ 06 / 2011.

CERTIFICATE

The Ethic Committee in Animal Use / UFV certify that the process number 47 / 2011, named “**Blood chemical profile and body weight gain in growing pigs submitted to different phosphorus levels diets, maintained in thermo neutral and heat stress environments** “ is in agreement with the Medical Veterinary Professional Ethics Code, with the Ethical Principles for Animal Research established by the Brazilian College for Animal Experimentation (COBEA) and with actual Brazilian legislation. This Institutional Commission on June 21, 2011 approved this process.

Viçosa, 21 de junho de 2011



Comissão de Ética para o Uso de Animais da UFV
(CEUA / UFV)