

UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO
JEQUITINHONHA E MUCURI

LEONARDO DA SILVA FONSECA

BALANÇO ELETROLÍTICO EM RAÇÕES PARA SUÍNOS EM CRESCIMENTO

DIAMANTINA - MG
2012

LEONARDO DA SILVA FONSECA

BALANÇO ELETROLÍTICO EM RAÇÕES PARA SUÍNOS EM CRESCIMENTO

Dissertação apresentada à Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Rony Antonio Ferreira

DIAMANTINA - MG
2012

Ficha Catalográfica - Serviço de Bibliotecas/UFVJM
Bibliotecária Viviane Pedrosa
CRB6-2641

F676b Fonseca, Leonardo da Silva
2012 Balanço eletrolítico em rações para suínos em crescimento / Leonardo da
Silva Fonseca. – Diamantina: UFVJM, 2012.
42f.

Orientador: Rony Antonio Ferreira.

Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias,
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.

1. Eletrólitos 2. Equilíbrio ácido-básico 3. Suinocultura I. Título.

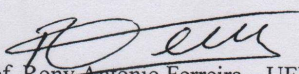
CDD 636

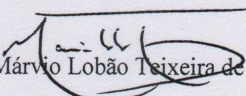
LEONARDO DA SILVA FONSECA

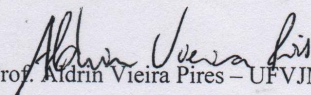
BALANÇO ELETROLÍTICO EM RAÇÕES PARA SUÍNOS EM CRESCIMENTO

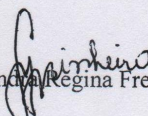
Dissertação apresentada à Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA em 30/01/2012


Prof. Rony Antonio Ferreira – UFLA
Orientador


Prof. Márvio Lobão Teixeira de Abreu – UFLA


Prof. Aldrin Vieira Pires – UFVJM


Profª. Sandra Regina Freitas Pinheiro – UFVJM

DIAMANTINA – MG
2012

AGRADECIMENTO

À Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM) pela oportunidade de realização do curso.

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

À FAPEMIG pelo apoio financeiro.

À Faculdade de Ciências Agrárias e Departamento de Zootecnia, pela ajuda e disponibilização de professores e equipamentos.

À AGM – Indústria de Rações e Comércio, pela parceria na realização deste trabalho.

Ao professor Rony, pelos ensinamentos e orientação.

Aos meus pais, pela dedicação e manutenção deste sonho.

À Gabriela Fernandes, pelo companheirismo, amor e dedicação durante os anos de estudos em Diamantina.

E a todos aqueles que, de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

FONSECA, Leonardo da Silva. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, fevereiro de 2012. 42p. **Balanço eletrolítico em rações para suínos em crescimento.** Orientador: Rony Antonio Ferreira. Dissertação (Mestrado em Zootecnia).

Com este trabalho, objetivou-se estudar os efeitos do balanço eletrolítico (BE) em rações para suínos na fase de crescimento. O experimento foi conduzido no Setor de Suinocultura da Escola Estadual Jerônimo Pontello em Couto de Magalhães de Minas, MG, durante os meses de fevereiro e março de 2011. Foram utilizados 36 leitões híbridos comerciais, 18 machos castrados e 18 fêmeas, em fase de crescimento, com peso inicial $23,48 \pm 1,68$ kg, distribuídos em delineamento experimental inteiramente casualizados, com cinco tratamentos e três repetições, sendo a unidade experimental composta por dois animais (um macho e uma fêmea), na baia. Os animais permaneceram em experimento recebendo ração e água à vontade até atingirem o peso de $55,98 \pm 4,05$ kg. As condições ambientais do galpão foram monitoradas diariamente, utilizando termo-higrômetro, a leitura dos equipamentos foi utilizada para caracterizar o ambiente térmico da instalação. Os animais receberam cinco rações, sendo: 100, 150, 200, 250 e 300 mEq/kg. Para correção do BE, foram utilizadas inclusões de bicarbonato de sódio e, ou, cloreto de cálcio em substituição à areia lavada. Durante o período experimental, as variáveis avaliadas foram consumo de ração diário (CRD), ganho de peso diário (GPD), conversão alimentar (CA), temperatura retal (TR) e superficial (TS), frequência respiratória (FR) e nível dos eletrólitos no sangue. A temperatura observada foi $25,89 \pm 1,53$ °C com UR do ar de $78,5 \pm 11,15$ %, temperatura de globo negro de $26,1 \pm 2,64$ °C e ITGU calculado em $75,0 \pm 2,69$, condições estas consideradas como moderado desconforto térmico para suínos em crescimento. O BE não influenciou o desempenho (CRD, GPD, CA) de suínos em crescimento, no entanto, promoveu alterações na consistência física das fezes para as caracterizadas como pastosas e diarreicas. Não houve efeito do BE na frequência respiratória, assim como para as demais características fisiológicas. Não houve diferença estatística para os níveis de eletrólitos no sangue dos animais. A correção do BE da ração não se faz necessária, visto que o desempenho não é alterado dentro da faixa de 100 a 300 mEq/kg, faixa na qual se encontra o BE de rações práticas e daquelas com teores reduzidos de proteína bruta.

Palavras-chave: Eletrólitos, equilíbrio ácido-básico, suinocultura

ABSTRACT

FONSECA, Leonardo da Silva. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, February 2012. 42p. **Electrolyte balance in diets for growing swine**. Adviser: Rony Antonio Ferreira. Dissertation (Master's degree in Animal Science).

The effects of EB (electrolyte balance) in diets for growing swine were evaluated. The experiment was conducted in Couto Magalhães de Minas, MG, during the months of February and March 2011. Were used 36 commercial hybrid swine, 18 males castrated and 18 females in the growth phase, with initial body weight 23.48 ± 1.68 kg, distributed in a completely randomized experimental design with five treatments and three replications, and the experimental unit composed of two animals (one male and one female), in the box. The animals were fed diets in an experiment and water *ad libitum* until they reach the average weight of 55.98 ± 4.05 kg. The environmental conditions were evaluated, characterizing the thermal environment of the installation. The animals received five rations, as follows: 100, 150, 200, 250 and 300 mEq/kg. For correction of EB, inclusions were used sodium bicarbonate and either calcium chloride to replace the washed sand. During the experimental period, the variables analyzed were daily feed intake (DFI), daily gain (DG), feed conversion (FC), superficial and rectal temperature, respiratory frequency and level of electrolytes in the blood. The average temperature was 25.89 ± 1.53 °C with relative humidity of the air 78.5 ± 11.15 %, black globe temperature of 26.1 ± 2.64 °C and BGT estimated at 75.0 ± 2.69 , conditions considered as moderated thermal discomfort. The EB didn't influence on performance parameters (DFI, DG, FC) for growing swine, however, led to changes in the stools of growing swine to diarrhea and loose stools. The EB didn't influence on respiratory frequency and others physiological parameters. There wasn't statistical difference for levels of electrolytes in the blood of animals. The correction of EB ration isn't necessary, the performance isn't changed in the range 100 to 300 mEq/kg, range of the feed practical and with low levels of crude protein.

Keywords: Acid-base balance, electrolytes, swine production

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO	8
2. REVISÃO DA LITERATURA	10
2.1. O efeito da nutrição sobre a homeostase.....	11
2.2. Fisiologia hídrica	13
2.3. Tampões sanguíneos	15
2.4. Balanço eletrolítico das rações	18
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	24
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
5. CONCLUSÃO.....	35
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36

1. INTRODUÇÃO

Os avanços genéticos atingidos na suinocultura com a utilização de plantéis de alto desempenho levaram à ocorrência frequente de animais com problemas de consumo de alimento, principalmente em condições de estresse por calor.

O Brasil é um país com alta diversidade climática, sendo que na maior parte do seu território predominam altas temperaturas na maior parte do ano, estando estas acima da faixa de conforto térmico para os suínos. Os avanços genéticos associados à seleção por linhagens de alta deposição de carne magra promovem nos suínos modernos o aumento da taxa metabólica e consequentemente da produção de calor, o que traz maior dificuldade de permanência destes animais em ambientes quentes. O estresse por calor pode reduzir o seu desempenho por afetar o consumo de alimentos e a produção de carne.

Nestas condições ambientais uma das recomendações técnicas trata-se do uso de rações com menor nível de proteína bruta suplementadas com aminoácidos industriais. A redução da proteína bruta das formulações se dá pela diminuição do farelo de soja, um ingrediente responsável pelo fornecimento de potássio à formulação. Conjuntamente a isso, aminoácidos industriais são utilizados em sua forma ácida, tendo como resultado formulações acidogênicas. Um dos métodos que poderão ser implantados para manter o equilíbrio ácido-básico é a manipulação das rações com o uso de sais. Este fato pode, porém, interferir no desempenho produtivo e reprodutivo dos suínos, visto que, é fundamental a manutenção de suas funções metabólicas, no qual o pH do sangue e de outros fluidos orgânicos deve ser mantido em níveis limitados.

A adoção prática de formulações considerando-se o balanço eletrolítico (BE) se dá pela importância dos eletrólitos no organismo e seus efeitos sobre a fisiologia dos animais que recebem rações contendo aminoácidos industriais. Estes efeitos ocorrem principalmente quando submetidos ao estresse por calor, pela sua inter-relação com o metabolismo de alguns aminoácidos.

Para a adequação do nível de eletrólitos da ração muitas vezes incorpora-se apenas bicarbonato de sódio às formulações, sendo que existem outros ingredientes que também podem ser usados para esta finalidade como o cloreto de cálcio e cloreto de potássio, ainda pouco explorados nas pesquisas com suínos.

Suínos submetidos ao estresse por calor tem comprometimento da sua função respiratória devido ao aumento da frequência respiratória podendo entrar em alcalose respiratória, e consequentemente alterar seu balanço eletrolítico. Para compensar a alcalose respiratória e manter o equilíbrio ácido-básico, a excreção de bases (Na, K, Ca e Mg) e bicarbonato (HCO_3) através dos rins é aumentada e a excreção de íons H^+ é reduzida. Para prevenir este desequilíbrio ácido-básico, a suplementação das rações com o uso de compostos como bicarbonato de sódio (NaHCO_3), cloreto de potássio (KCl) e cloreto de cálcio (CaCl_2) deverá ser avaliada como opção para melhorar os resultados zootécnicos dos suínos.

O manejo da nutrição proteica do suíno exige o ajuste do suprimento de proteína/aminoácidos em relação às exigências dos animais, para reduzir a excreção de nitrogênio e amônia, minimizando a contaminação ambiental. A redução dos níveis proteicos e suplementação de aminoácidos atendendo à demanda nutricional do animal tem sido utilizada também com o objetivo de redução do custo da alimentação. Entretanto, a partir de certo nível de redução de proteína bruta, mesmo contendo os níveis ótimos de aminoácidos essenciais, as respostas de desempenho animal podem ser pioradas, não se conhecendo ao certo se este fato se deve à necessidade do animal por proteína bruta na ração, carência de aminoácidos não essenciais, ou devido ao desbalanço dos eletrólitos das rações, sendo então, o uso de sais uma alternativa ao nível reduzido de proteína.

Dessa maneira, o objetivo com este trabalho foi estudar a influência de diferentes balanços eletrolíticos em rações para suínos em fase de crescimento sobre o desempenho e parâmetros fisiológicos desses animais.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Os suínos, animais homeotérmicos, podem expressar seu máximo potencial genético quando se encontram na zona de conforto térmico. A zona de conforto térmico compreende a faixa de temperatura ambiental efetiva, na qual o calor produzido durante os processos de manutenção e produção é igual aquele dissipado para o ambiente, sem aumento da produção de calor metabólico e com mínimo de esforço termorregulatório. O conforto térmico é dependente de diversos fatores, alguns ligados ao animal, como: peso, idade, estado fisiológico, tamanho do grupo, nível de alimentação e genética; e outros ligados ao ambiente, como: temperatura, velocidade do vento, umidade relativa, tipo de piso e energia radiante (SARAIVA et al., 2003).

Do ponto de vista etológico e fisiológico, o suíno é uma espécie animal sensível à diversidade climática brasileira, na qual predominam dias quentes. Dessa maneira, a utilização de índices bioclimáticos na suinocultura permite avaliação mais precisa da situação ambiental, além da comparação de animais mantidos em diferentes regiões (FERREIRA, 2005). Atualmente existe um variado número de índices que são utilizados conforme preferência do pesquisador. Em geral, são considerados dois ou mais fatores climáticos, todavia, em alguns são considerados variáveis biológicas, como a taxa metabólica e o tipo de isolamento animal (BAÊTA & SOUZA, 1997).

A temperatura ambiente pode influenciar, além do desempenho, a composição do ganho. Tem-se verificado que tanto a temperatura ambiente quanto os níveis de proteína bruta da ração alteram a taxa de deposição diária de gordura e proteína na carcaça dos suínos (FERGUSON & GOUS, 1997).

O equilíbrio eletrolítico dos fluidos sanguíneos depende de diversos fatores, como níveis de proteína na ração, suplementos de Na^+ , períodos de estresse por calor e alterações na composição das rações quanto ao balanço eletrolítico, tornando-as acidogênicas ou alcalinogênicas, o que tende a influenciar os mecanismos de regulação, atuando sobre o funcionamento do sistema digestório e refletindo sobre o comportamento de consumo e desempenho dos suínos (MESCHY, 1998).

Os eletrólitos da ração consumida pelos animais exercem influência no equilíbrio ácido-básico e, conseqüentemente, afetam processos metabólicos relacionados ao crescimento, à resistência a doenças, à sobrevivência ao estresse e aos parâmetros de desempenho (VIEITES et al., 2005).

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

A manutenção do equilíbrio ácido-básico tem grande importância fisiológica e bioquímica, visto que as atividades das enzimas celulares, as trocas eletrolíticas e a manutenção do estado estrutural das proteínas dos organismos são profundamente influenciadas por pequenas alterações no pH sanguíneo (MACARI et al., 1994).

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

Para Nääs (1989), o suíno experimenta a sensação de conforto térmico quando o único calor que ele perde para o ambiente é o calor produzido pelo metabolismo, sem recorrer a nenhum mecanismo de termorregulação. A ventilação pulmonar aumentando em relação à produção de CO_2 , a pressão parcial de CO_2 diminui (pCO_2) levando a uma queda na concentração de ácido carbônico (H_2CO_3) e hidrogênio (H^+) e um aumento proporcional de HCO_3^- (íons bicarbonato). Essa alteração do equilíbrio ácido-básico é denominada de alcalose respiratória (BORGES et al., 2003).

2.1. O EFEITO DA NUTRIÇÃO SOBRE A HOMEOSTASE

O incremento calórico é constituído basicamente do calor de fermentação e da energia gasta no processo de digestão, assim como o calor resultante do metabolismo dos nutrientes (FERREIRA, 2000). Portanto, o incremento calórico se eleva com o aumento da ingestão de alimentos e é inversamente proporcional à concentração energética da ração. Segundo o mesmo autor, outro aspecto importante é que, quanto maior o teor de fibra na ração, maior é o incremento calórico, e a

energia líquida pode ser calculada por modelos matemáticos que estimam o gasto energético do incremento calórico da proteína, carboidratos e gorduras (ROSTAGNO et al., 2008).

O aumento da produção de calor segundo Saraiva et al. (2003) pode estar relacionado à ingestão de ração desbalanceada, o que resulta em um decréscimo no consumo de ração e na queda de desempenho dos animais.

Estudos realizados por Cera et al. (1989), demonstraram que rações compostas por óleos que contenham ácidos graxos de cadeia curta e média são absorvidos mais rapidamente no lúmen intestinal e caem diretamente no sistema porta, sendo rapidamente metabolizados pelo fígado. O aumento metabólico extra verificado pelo metabolismo das gorduras, resulta na melhor eficiência de energia em função do menor incremento calórico (FERREIRA, 2000), o que aumenta a disponibilidade de energia líquida da ração.

Paiva et al. (2006), afirmaram que, a adição de gorduras é uma das alternativas encontradas para reduzir o incremento calórico em matrizes suínas. Visto que matrizes em lactação diminuem o consumo de ração, é necessário que matrizes de elevada prolificidade recebam rações de elevada densidade energética (CUEVAS, 1999), o que McGlone et al. (1988) explicam como sendo uma atuação direta sobre a taxa respiratória da matriz, uma vez que rações de alta densidade reduzem a produção de calor metabólico e consequentemente melhoram o conforto da porca no estresse por calor.

Em rações formuladas para proteína bruta é comum haver excesso de aminoácidos, que deverão ser catabolizados pelo processo de deaminação de forma a manter uma relação de aminoácidos que atendam às necessidades do suíno, processo que aumenta a produção de calor pelos animais, resultando em um elevado incremento calórico. Este mecanismo pode gerar problemas de dissipação de calor para o suíno, principalmente quando ele já está em um ambiente de calor (FERREIRA, 2000). Uma das alternativas para reduzir o incremento calórico em suínos (FERREIRA et al., 2005), é a utilização de rações com baixos níveis de proteína e suplementação de aminoácidos, principalmente quando as temperaturas ambiente ultrapassam os níveis de conforto térmico.

Desta forma, há uma menor quantidade de calor a ser dissipada pelos animais, auxiliando na manutenção da homeotermia, por outro lado, as rações com aminoácidos são mais próximas do perfil de proteína ideal, diminuindo as perdas de nitrogênio nos dejetos e podendo inclusive reduzir

os custos da alimentação (KERR et al., 2003). Rações com baixo nível de proteína são associadas à redução nas perdas de energia. Segundo Le Bellego et al. (2001), isto se dá porque havendo menos proteína, há menos deaminação, levando a uma menor síntese e excreção de ureia e baixa taxa de *turnover* proteico, resultando em menor produção de calor pelo animal. Este fator deverá ser considerado ao formular rações de fêmeas de alta prolificidade.

Por outro lado, o uso de aminoácidos industriais leva a uma forte redução no BE, devido à redução dos níveis de K^+ na ração, o que poderá comprometer o desempenho dos animais. Outro fator de impacto na redução do BE com a utilização de aminoácidos industriais ocorre com o uso de L-lisina, o qual possui BE de -5464 mEq/kg (MESCHY, 1999).

2.2. FISILOGIA HÍDRICA

A água é um nutriente indispensável à vida de qualquer organismo animal. Todas as células orgânicas necessitam de aporte de água para exercer suas funções. O animal pode perder praticamente toda gordura corporal, metade das suas proteínas orgânicas e aproximadamente 40% do seu peso e manter-se vivo, mas basta uma perda maior que 10% de água para ocorrer transtornos que poderão levá-lo à morte (BERTECHINI, 2006).

Ainda de acordo com Bertechini (2006), a água tem como principais funções: a digestão; absorção dos nutrientes no trato digestivo; translocação de todos compostos químicos no organismo; excreção de resíduos do metabolismo orgânico; secreção de hormônios, enzimas e outras substâncias bioquímicas; termorregulação corporal; manutenção da pressão osmótica intracelular; equilíbrio ácido-básico; e, facilita as reações enzimáticas que ocorrem no metabolismo intermediário. Como descrito por Bonazzi (2001), um suíno de aproximadamente 50 kg, necessita diariamente em condições normais, de 5 a 8L de água para manutenção dos seus processos metabólicos.

A ingestão e excreção de água são os principais reguladores fisiológicos do balanço hídrico. A excreção de água pelos rins é controlada primariamente pelo hormônio andiurético (ADH), ou vasopressina, produzido pelo hipotálamo e liberado pela hipófise posterior (neuro-hipófise). Os principais órgãos envolvidos na regulação da água e equilíbrio eletrolítico em vertebrados são os

rins, intestino e ossos. Uma vez que as células epiteliais são as responsáveis pela captação ou excreção de água e eletrólitos, a maioria dos hormônios que regulam a água e o equilíbrio eletrolítico agem nesses tecidos epiteliais (RANDALL et al., 2000).

Como descrito por Houpt (2006), o ADH age sobre o néfron renal, onde permite a reabsorção aumentada de água, reduzindo o volume de urina excretada. Quando o animal sofre privação de água, a concentração do ADH no sangue aumenta e o volume urinário cai, porém quando o animal estiver super-hidratado, a concentração de ADH será reduzida, o fluxo urinário aumentará e a concentração urinária poderá reduzir até aproximar-se daquela do plasma. Quando a concentração osmótica do plasma aumenta, ocorre estímulo para a liberação de ADH e quando a osmoconcentração cai, menos ADH é liberado.

A liberação de ADH pode ser influenciada por fatores hemodinâmicos, como volume e pressão sanguínea. Com o aumento do volume e, ou, da pressão, ocorre estímulo dos barorreceptores localizados no coração (artérias carótida e aorta). Este sistema barorregulatório é menos sensível às pequenas mudanças no sistema osmótico, mas respondem com maior intensidade às grandes mudanças (PATIENCE et al., 1993).

A excreção da urina também pode ser influenciada pelo complexo renina-angiotensina-aldosterona, hormônios envolvidos na homeostase do volume sanguíneo. O processo se inicia pela secreção da renina pelas células da arteríola aferente de cada glomérulo, a renina converte o angiotensinogênio plasmático (produzido no fígado) em angiotensina I, que é convertida em angiotensina II pela enzima conversora localizada nas células endoteliais vasculares. A angiotensina II, nos rins, promove a reabsorção do Na^+ que ocorre no túbulo proximal inicial e indiretamente pela secreção aumentada da aldosterona do córtex adrenal. Ela também estimula a reabsorção de Na^+ nos ductos coletores corticais e medulares (REECE, 2006).

A aldosterona aumenta a capacidade do processo de retenção do Na^+ pelo corpo e a reabsorção deste eletrólito requer a passagem equivalente de H^+ e K^+ na direção oposta, sendo importante na manutenção do balanço ácido-básico (DEL CLARO, 2003). A aldosterona também é importante na eliminação do excesso de K^+ através da urina, e conseqüentemente, na redução de sua quantidade no plasma. A excreção do excesso do íon H^+ pelos rins depende da capacidade para controlar a perda ácida, sendo realizada por meio do aumento na excreção de íons fosfato monobásicos e amônia renal, enquanto íons bicarbonato são reabsorvidos para atender as

necessidades endógenas (GOLZ & CRENSHAW, 1991). Em caso de acidose, grande parte do bicarbonato filtrado no glomérulo é reabsorvido no túbulo proximal dos rins (MESCHY, 1998), o que poderá causar a acidificação da urina do animal.

A dissipação de calor não evaporativo pode ocorrer com o aumento da produção de urina, caso esta perda de água seja compensada por sua maior ingestão, e também a sensação de calor tem efeito sobre a ativação do centro da saciedade, quando ocorre a diminuição do apetite do animal e aumento do consumo de água.

Animais que são submetidos a continuado estresse por calor, tendem a apresentar aumento da frequência respiratória, resultando em perdas excessivas de dióxido de carbono (CO_2), que leva à diminuição da pressão parcial de CO_2 (pCO_2), levando à queda na concentração de ácido carbônico (H_2CO_3) e hidrogênio (H^+). Em resposta os rins aumentam a excreção de HCO_3^- e reduzem a excreção de H^+ tentando evitar a ocorrência de alcalose respiratória (BORGES et al., 2003).

2.3. TAMPÕES SANGUÍNEOS

As concentrações dos íons H^+ e OH^- são importantes nos sistemas biológicos porque os prótons se movem livremente do H_3O^+ para se associar aos grupos carregados negativamente e neutralizá-los, e os íons OH^- são disponíveis para neutralizar os grupos carregados positivamente. Essa capacidade de neutralizar é especialmente importante nos aminoácidos e nas proteínas, que são moléculas anfóteras contendo grupo carboxila (RANDALL et al., 2000).

O sistema sanguíneo é particularmente sensível às mudanças de temperatura e constitui um importante indicador das respostas fisiológicas dos animais a agentes estressores. Alterações quantitativas e morfológicas nas células sanguíneas são associadas ao estresse por calor, traduzidas por variações nos valores do hematócrito, número de leucócitos e teor de hemoglobina no eritrócito (BORGES et al., 2003).

Após a ingestão de líquidos, a recuperação do equilíbrio ácido-básico, se dá, segundo Meschy (1999), inicialmente por mecanismos de osmose e regulação renal. A troca de eletrólitos é uma constante no organismo animal sendo que a concentração de íons H^+ é de grande importância

na manutenção do pH das soluções biológicas, uma vez que a manutenção do equilíbrio dos fluidos biológicos é fundamental para a continuidade dos processos metabólicos no organismo animal, pelo profundo efeito sobre as reações bioquímicas celulares. Para manutenção da homeostase, alguns mecanismos como o sistema tampão do sangue, os processos realizados pelo sistema respiratório e a excreção e reabsorção feita pelos rins são mecanismos que atuam combinados.

A concentração de íons hidrogênio (H^+) é relativamente constante no líquido extracelular (LEC) e é o resultado de um equilíbrio entre ácidos e bases. Os ácidos são substâncias que doam íons hidrogênio para uma solução. As bases são substâncias que recebem e se ligam com os íons hidrogênio de uma solução (HOUPY, 1996).

O distúrbio causado pela adição em excesso de ácido ou pela remoção de base do LEC é conhecido como acidose. Os ácidos e bases são adicionados continuamente nos líquidos corporais, seja pela ingestão ou como resultado de sua produção no metabolismo celular. Para combater os distúrbios de concentração, o organismo utiliza-se de três mecanismos: tamponamento químico, ajuste respiratório da concentração sanguínea de dióxido de carbono e excreção de íons hidrogênio ou bicarbonato pelos rins. Vários compostos que não estão normalmente presentes na ração nem são formados no metabolismo (cloreto de amônio) podem causar acidose quando administrados a um animal (HOUPY, 1996). Ainda de acordo com o mesmo autor, os tampões sanguíneos são combinações de sais e ácidos fracos que impedem alterações de pH no organismo.

O processo de respiração exerce papel importante no tamponamento do sangue, sendo que um aumento da frequência respiratória causa um acréscimo na concentração de H^+ (CAMPBELL, 2000). De acordo com Aires (1999), é de fundamental importância neste mecanismo de manutenção da homeostase sanguínea, a resposta do sistema respiratório às mudanças de pH, pois, em pouco tempo as variações na respiração ajustam a excreção de dióxido de carbono pelos mecanismos de hiperventilação e hipoventilação, modulando desta forma o pH do sangue.

Os tampões são soluções que resistem às mudanças de pH quando um ácido ou uma base são adicionados. Os sistemas tampões são feitos de um ácido fraco e de sua base conjugada (CAMPBELL, 2000). Quando um sistema tampão está presente, a adição de um ácido ou uma base resulta em um desvio do pH muito menor que aquele que ocorreria se nenhum tampão estivesse presente (SWENSON & REECE, 1996). Entre os sistemas tampões conhecidos, os mais importantes para o metabolismo animal são o do bicarbonato e o da hemoglobina.

O sistema tampão mais evidente no sangue é o bicarbonato, que se encontra em constante equilíbrio com o dióxido de carbono, de modo que, segundo Savaris (2008), quanto maior a quantidade de ácidos no sangue mais bicarbonato e menos dióxido de carbono são produzidos. Por outro lado, quanto mais base no sangue, menos bicarbonato e mais dióxido de carbono entram na corrente sanguínea.

Esses íons hidrogênios podem ser gerados metabolicamente de uma pequena quantidade de gordura e carboidratos, da oxidação dos aminoácidos contendo enxofre em ácidos sulfônicos, e da oxidação e hidrólise de resíduos fosfoproteicos isoeletrônicos em ácidos fosfóricos ou adquiridos via ingestão. Esses produtos finais não voláteis do metabolismo devem ser excretados pelos rins para manter níveis de pH normais. Isto é feito pela formação de sais de amônio. Na formação de urina ácida, a produção de NH_3 pode aumentar 10 vezes além do normal (GROSS, 1992). O duto coletor é o responsável pelo controle da excreção resultante de ácido e pelo pH final da urina (RIELLA, 1988).

As rações ricas em proteínas e grãos de cereais dão à urina pH mais baixo, devido à presença de fosfatos ácidos de sódio e cálcio. Rações ricas em carboidratos aumentam o pH, devido à presença de bicarbonato de cálcio solúvel (GARCIA-NAVARRO, 1996).

Alimentos com alta concentração de proteínas aumentam a ingestão de água e o volume de urina e diminuem o pH da urina. Os carnívoros, como cães e gatos, apresentam pH urinário, oscilando entre 5,0 e 7,0 (FLORIO, 1996). Em suínos o pH oscila entre 5,5 e 7,5 (SOBESTIANSKY et al., 1998). Entretanto, em qualquer espécie animal o pH urinário poderá oscilar fora do proposto normalmente para a espécie, de acordo com os hábitos alimentares (FLORIO, 1996).

Deve-se ressaltar que a urina obtida em duas horas após uma grande refeição ou que fica em repouso à temperatura ambiente durante várias horas tende a ser alcalina. A hora de coleta da urina influencia significativamente o pH urinário. Amostras de urina de gatos, obtidas pela manhã, antes da alimentação, tendem a ser mais ácidas e, amostras obtidas com algumas horas após a alimentação tendem a ser mais básicas. Por esta razão, quando se avalia o efeito da ração no pH urinário é necessário uniformizar o tempo de coleta e o tempo da alimentação (ALLEN, 1996).

Agentes acidificantes de urina podem ser adicionados na ração na prevenção da alcalinização pós-prandial, pois a alimentação induz à secreção gástrica de ácido clorídrico

desenvolvendo mais fluidos alcalinos no corpo. Os rins compensam conservando ácido, o que causa uma excreção de urina alcalina (TATON et al., 1984).

A densidade específica da urina (DEU) mede o grau de soluto existente na amostra e indiretamente, a capacidade de concentração da urina. As DEU encontram-se elevadas nas urinas concentradas ou hipertônicas, e diminuídas nas urinas diluídas ou hipotônicas (GARCIA-NAVARRO, 1996). De acordo com a literatura, existe uma relação direta entre restrição de água em porcas em gestação e a ocorrência de infecção urinária, e a densidade da urina tem relação direta com a quantidade de água ingerida pela porca (ALBERTON & WERNER, 1998).

2.4. BALANÇO ELETROLÍTICO DAS RAÇÕES

Conforme Borges et al. (2003), o eletrólito pode ser definido como uma substância química, que se dissocia nos seus constituintes iônicos, tendo como função fisiológica principal a manutenção do equilíbrio ácido-básico corporal.

O sódio, potássio e cloro são considerados macros minerais, e estão distribuídos nos fluidos e tecidos moles do organismo, agindo em conjunto com íons de fosfato e bicarbonato no controle homeostático orgânico, mantendo a pressão osmótica, o equilíbrio ácido-básico, o controle da passagem dos nutrientes para as células e no metabolismo da água (BERTECHINI, 2006). O sódio e o cloro intervêm no BE, no equilíbrio da pressão osmótica e na permeabilidade da membrana celular. A relação $\text{Na}^+ + \text{K}^+ / \text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}$ é essencial ao funcionamento do músculo cardíaco, pois estes estão envolvidos na contração e expansão muscular, bem como na estimulação do sistema nervoso. Este mesmo autor, ainda sugere que a relação desses três elementos é mantida de forma equilibrada no sangue sendo decisivos na regulação dos processos vitais. Essa relação fundamenta-se na manutenção idêntica de cátions e ânions no plasma.

Ainda de acordo com Bertechini (2006), o sódio tem como funções principais regular o volume dos fluidos do corpo, o pH e as relações osmóticas do organismo; participa das contrações das células musculares; inibição de enzimas da mitocôndria no meio extracelular; absorção e transporte dos nutrientes para as células; e participa da estrutura dos ossos. Já o potássio é regulador do volume dos fluidos intracelulares, mantendo pH e as relações osmóticas no interior das células;

ativador de sistemas enzimáticos, principalmente enzimas da mitocôndria; é exigido para a atividade normal do coração, onde exerce efeitos opostos ao cálcio, reduzindo a contratilidade do músculo do coração favorecendo o relaxamento; e controla o potencial de ação da membrana da célula. Quanto ao cloro, suas principais funções são: contribuir para a tonicidade da resistência iônica do meio extra e intracelular e formação de HCl gástrico. Quando há deficiência de sódio e cloro, pode ocorrer apetite depravado do animal, canibalismo, redução do crescimento, e conseqüentemente uma redução dos seus níveis no sangue, prejudicando todos os processos metabólicos dos quais faz parte. Já quando há deficiência de potássio, o animal apresenta fraqueza muscular, redução da tonicidade do tubo digestivo e fraqueza dos músculos cardíaco e respiratório, levando a braquicardia e parada cardíaca.

O cloro é o íon mais comum e o ânion mais abundante nos fluídos extracelulares dos mamíferos, está distribuído tanto nas células como nos fluidos extracelulares, e faz parte da secreção gástrica na forma de HCl. Com relação ao sódio, este constitui grande parte das bases do soro sanguíneo, principalmente nos líquidos extracelulares, e juntamente com o potássio está envolvido na homeostasia dos fluídos e eletrólitos do organismo. O potássio atua como cátion monovalente para equilibrar o excesso de ânions por meio do mecanismo fisiológico da bomba sódio-potássio (LIZARDO, 2006). Também está relacionado nas células com a glicólise, formação do glicogênio, bem como com a utilização das proteínas, estando ligado à função enzimática celular (ANDRIGUETTO et al., 2002).

Em geral as rações de suínos são formuladas a partir de matérias primas de origem vegetal, ricas em potássio e pobres em sódio. Ao adicionar o sal (NaCl) como forma de suplementar o sódio, há um desequilíbrio no fornecimento de Cl^- , cujas necessidades são aproximadamente 20% inferiores as do Na^+ . Para complementar as necessidades de Na^+ é conveniente utilizar bicarbonato de sódio e, ou, formular as rações atendendo ao balanço eletrolítico (LIZARDO, 2006).

O bicarbonato de sódio (NaHCO_3) é um pó cristalino de coloração branca ou levemente rosado, peso molecular 84,01, pH 8,3. Nutricionalmente, é usado para promover o balanceamento eletrolítico das rações, fornecendo íons sódio e bicarbonato. A ação do NaHCO_3 provavelmente é indireta, isto é, pelo aumento do consumo de água, uma das formas de perder calor, visto que, ele aumenta a liberação de HCO_3^- , o que fisiologicamente conduzirá a uma saturação de base, que é altamente prejudicial a um animal com alcalose respiratória (PENZ JR., 1989; SALVADOR et al., 1999). O estresse por calor pode ser amenizado dieteticamente pela inclusão de aditivos, como o

bicarbonato de sódio, sendo necessário um estudo para adequar os níveis adequados de inclusão para evitar problemas de alcalose.

O BE, também chamado de balanço ácido-básico ou equilíbrio cátion-aniônico refere-se ao equilíbrio iônico dos fluídos orgânicos que regulam o balanço ácido-básico para manutenção da homeostase orgânica. Como apresentado em Ferreira (2005), o balanço eletrolítico das rações (BER) pode ser calculado em miliequivalentes (mEq) por kg de MS da ração pelo uso de fórmulas sendo uma a seguinte:

$$\text{BER} = (\text{Na}^+ + \text{K}^+ + \text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}) - (\text{Cl}^- + \text{H}_2\text{PO}_4^- + \text{HPO}_4^- + \text{SO}_4^-)$$

Da inter-relação entre Na^+ , K^+ e Cl^- (mEq) proposta por Mongin & Sauveur (1977), surgiu o “Número de Mongin”, cujo valor expressa a quantidade e a relação entre estes eletrólitos. Os eletrólitos são responsáveis pela manutenção da água corporal e do balanço iônico, as exigências de sódio, potássio e cloro não podem ser considerados individualmente (JUNQUEIRA et al., 2000). Entretanto, os três principais íons envolvidos nos processos metabólicos são os cátions sódio (Na^+) e potássio (K^+), e o ânion cloro (Cl^-), em razão da absorção desses íons ser superior à dos demais. Sendo a fórmula mais difundida a seguinte (MONGIN, 1981):

$$\text{BER} = (\% \text{Na}^+ * 100 / 22,990) + (\% \text{K}^+ * 100 / 39,102) - (\% \text{Cl}^- * 100 / 35,453)$$

Há ainda de se considerar que os níveis nutricionais, a digestibilidade dos nutrientes e a natureza e extensão da fermentação microbiana no trato gastrointestinal podem afetar a proporção de compostos responsáveis pelo cheiro dos dejetos frescos dos suínos. Além disso, o adequado balanço de eletrólitos na ração pode diminuir o pH da urina e fezes, o que resulta em decréscimo na emissão de amônia (CAHN et al., 1997).

Os níveis de Na^+ , K^+ e Cl^- do plasma são afetados pelo estresse por calor, sendo que, a concentração de K^+ e Na^+ diminui à medida que a temperatura ambiental se eleva, no entanto, a concentração de Cl^- aumenta com o aumento da temperatura ambiente (BELAY & TEETER, 1993). O K^+ é o principal cátion do fluido intracelular, enquanto que o Na^+ e o Cl^- são os principais íons do fluido extracelular. A osmorregulação é conseguida pela homeostasia destes íons intra e extracelulares. Em condições ótimas, os conteúdos de água e eletrólitos são mantidos dentro de limites estreitos, mas a perda de eletrólitos (Na^+ ou K^+), sem alteração no conteúdo de água do corpo, reduz a osmolaridade destes fluídos (BORGES, 2001).

O aumento sequencial do BE das rações de 25 até 400 mEq/kg, realizado por Haydon et al. (1990), em rações para suínos em crescimento (21 a 50 kg) resultou em melhora linear no ganho médio diário e consumo diário de ração pelos animais. Haydon & West (1990) observaram melhora da digestibilidade dos nutrientes quando suínos em crescimento receberam rações com BE de 250 e 400 mEq/kg. Entretanto Budde & Crenshaw (2003) relataram que mudanças no BE da ração de -35 a 212 mEq/kg não afetou o desempenho de suínos em crescimento.

Ao adequar o BE de rações para leitões, com cinco semanas de idade e peso inicial de $9,34 \pm 0,28$ kg, de -100 mEq/kg para 200 mEq/kg, Dersjant-Li et al. (2001) observaram aumento de 24% no consumo de ração e 36% no ganho de peso dos animais. Além destes resultados, o ajuste do BE promoveu redução nos teores de matéria seca fecal, devido ao maior consumo de água pelos leitões. Aparentemente, os efeitos benéficos do aumento do BE sobre a ingestão de ração em leitões, podem ser compreendidos entre 200 e 250 mEq/kg (LIZARDO, 2006).

Em leitões dos 9 aos 25 kg, mantidos em conforto térmico, Kiefer et al. (2008) deram ênfase ao sódio e ajustaram os níveis de balanço eletrolítico para cinco níveis diferentes e observaram que os mesmos não influenciaram o peso final, o consumo de ração e o ganho de peso dos leitões. Verificou-se, porém, efeito dos níveis de balanço eletrolítico sobre a conversão alimentar dos leitões, que variou de forma quadrática, melhorando até o nível estimado de 222 mEq/kg de ração, o que equivale ao nível de 0,36% de sódio na ração.

Patience & Wolynetz (1990) avaliaram o desempenho de suínos em crescimento usando um balanço eletrolítico de -80 mEq/kg até 400 mEq/kg. No estudo foram avaliadas as alterações intermediárias nos níveis de cloretos em duas situações, com inclusão baixa de K^+ , e com elevada inclusão de K^+ . Houve uma resposta curvilínea na velocidade de crescimento, no consumo de ração e na conversão alimentar, com o aumento do balanço eletrolítico, sendo que a partir de 300 mEq/kg e -80 mEq/kg há uma piora importante. O rendimento máximo obtido foi ao redor de 150 a 170 mEq/kg. Para suínos de 20 até 105 kg, Haydon et al. (1990) mostraram resposta similar com um balanço eletrolítico de 250 mEq/kg, sem interferência na conversão alimentar.

Segundo Meschy (1998), as variações no balanço eletrolítico de rações para suínos em crescimento promovem modificação no consumo alimentar, o que explica a ação sobre a curva de crescimento. Podendo tratar-se de um mecanismo de regulação para limitar o efeito de um regime acidogênico e, ou, alcalogênico, como consequência de um melhor funcionamento do trato

digestivo. Esta hipótese é confirmada por Haydon et al. (1990) que verificaram uma resposta linear crescente na digestibilidade de energia e aminoácidos, à medida que houve um aumento na concentração do balanço eletrolítico de -50 mEq/kg até 400 mEq/kg. Por outro lado, Budde & Crenshaw (2003) alteraram o balanço de um nível acidogênico de -35 mEq/kg para 212 mEq/kg em suínos de 8 até 15 kg, e não observaram alteração no desempenho dos animais. Segundo os mesmos autores, a falta de alteração no ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar, bem como a manutenção da estrutura mineral óssea em casos crônicos de acidose, o que é comum com o uso das rações típicas a base de milho e farelo de soja, confirma a habilidade de o suíno compensar rações ácidas ou básicas por uma rápida compensação renal. Porém, Meschy (1999) demonstrou que a inclusão de bicarbonato tem reduzido a ocorrência de problemas de aprumos.

Utilizando uma ração basal durante a lactação, com balanço eletrolítico de 130 mEq/kg, Dove & Haydon (1994) adicionaram K_2CO_3 elevando o balanço para 250 mEq/kg de ração, e uma ração com maior densidade de nutrientes, elevando de 160 para 250 mEq/kg, avaliaram desempenhos da porca e da leitegada durante o inverno e verão. Os autores não observaram efeito do BE da ração como forma de aliviar o estresse por calor.

Lizardo (2006) avaliou o desempenho durante a lactação incluindo bicarbonato de sódio em três níveis de balanço eletrolítico e não verificou diferença entre os tratamentos. Meschy (1999) observou aumento no consumo de ração de lactação com a inclusão de 1% de bicarbonato em uma ração contendo 0,5% de sal e não verificou nenhuma alteração na fase de gestação das matrizes.

DeRouchey et al. (2003) ajustaram o balanço eletrolítico de um nível, segundo os autores, rotineiro de uma ração à base de milho e soja de em torno de 185 mEq/kg, para os níveis de 0, 100, 200, 350 e 500 mEq/kg e forneceram as rações para 153 matrizes a partir de 109 dias de gestação e avaliaram os desempenhos das porcas e da leitegada durante a lactação. O aumento da sobrevivência da leitegada ao desmame, assim como o número de leitões desmamados pode, segundo os autores, estar relacionado a uma acidificação do aparelho urinário em função de um aumento na excreção renal de H^+ , o que minimiza a presença de bactérias na urina, reduzindo o risco e a severidade de doenças do trato geniturinário.

Os níveis inadequados de proteína, além de aumentarem a produção de calor, podem influenciar as necessidades de manutenção dos animais em razão, principalmente, do aumento da perda de nitrogênio na urina, como consequência do desvio metabólico no ciclo da ureia

(SARAIVA et al., 2003). Rações práticas utilizadas para suínos, normalmente não são corrigidas quanto aos seus valores de BE, sendo que o valor diminui ainda mais quando ocorre redução de proteína bruta e suplementação de aminoácidos industriais. Oliveira et al. (2005), analisando quatro níveis de proteína na ração, calculam seus valores de balanço eletrolítico, em 41, 74, 107 e 148 mEq/kg, para rações com 10, 12, 14 e 16% de proteína bruta, respectivamente, reduzindo a retenção de nitrogênio, diminuindo o desempenho dos animais. Estes valores de BE da ração são inferiores ao considerado como adequado por Lizardo (2006) para suínos em crescimento, que seria 250 mEq/kg.

Quando se trabalha com redução de proteína bruta das rações, ocorre fornecimento de aminoácidos industriais, o que leva a uma redução também no BE da ração. Ferreira et al. (2003) reduziu o teor de proteína bruta de 18 para 14%, para suínos machos castrados dos 15 aos 30 kg, o BE da ração passou de 200 para 145 mEq/kg, o que não ocasionou piora no desempenho em ambiente de termoneutralidade. Já para animais de 30 a 50 kg, Ferreira et al. (2005) reduziram os teores de proteína de 17 para 13%, alterando o BE da ração de 190 para 130 mEq/kg, não alterando o desempenho dos animais.

Quando se reduz a proteína bruta para suínos machos castrados em ambiente de alta temperatura, o BE das rações fica em torno de 130 a 140 mEq/kg e mesmo assim não afetam o desempenho desses animais (FERREIRA et al., 2006 e 2007). Orlando et al. (2007) trabalhando com leitoas de 30 a 60 kg, reduziu o teor de proteína bruta, passando o BE da ração de 210 para 145 mEq/kg, não afetando o desempenho em ambientes de altas temperaturas.

Oliveira et al. (2004) reduziu o BE de 210 para 170 mEq/kg da ração para suínos machos castrados de 15 a 30 kg, obteve uma diminuição da excreção de nutrientes pelos dejetos e reduziu os custos da ração sem interferir no desempenho, evidenciando que o BE de rações práticas, por volta de 170 mEq/kg não precisa de correção.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Setor de Suinocultura da Escola Estadual Jerônimo Pontello, situada no município de Couto Magalhães de Minas, MG, localizado a 729 m de altitude, durante os meses de fevereiro e março de 2011.

Foram utilizados 36 leitões híbridos comerciais, sendo 18 machos castrados e 18 fêmeas, em fase de crescimento, com peso inicial de $23,48 \pm 1,68$ kg, distribuídos em delineamento experimental inteiramente casualizado, com cinco tratamentos (100, 150, 200, 250 e 300 mEq/kg de ração) e três repetições, sendo a unidade experimental composta por dois animais (um macho e uma fêmea), na baia.

Os animais foram alojados em galpão de alvenaria, coberto com telha de fibrocimento, com piso de concreto compacto, dividido em baias iguais com área útil de $3,17 \text{ m}^2$ cada, provido de bebedouro e comedouro de concreto. Os animais permaneceram em experimento durante 37 dias, recebendo ração e água à vontade, atingindo peso de $55,98 \pm 4,05$ kg.

As condições ambientais do galpão, como temperatura de bulbo seco (temperaturas máximas e mínimas), temperatura de globo negro e umidade relativa, foram monitoradas diariamente, às 8h, 10h, 14h e 16h, utilizando termo-higrômetro. Os aparelhos de medição foram mantidos em diferentes locais do galpão à meia altura dos animais, de modo a caracterizar o ambiente.

As leituras dos equipamentos foram utilizadas para calcular o índice de temperatura de globo e umidade (ITGU), caracterizando o ambiente térmico da instalação, conforme preconizado por Buffington et al. (1981).

As rações experimentais isoenergéticas (tabela 1), preparadas à base de milho e farelo de soja, foram formuladas para satisfazer as exigências de suínos de alto potencial genético e médio desempenho, considerando energia e proteína bruta de acordo com Rostagno et al. (2005). Os aminoácidos foram suplementados à medida que ficavam abaixo da relação proporcional recomendada pelos mesmos autores.

Tabela 1 - Composição das rações experimentais

Ingrediente	Rações				
	100	150	200	250	300
Milho	712,0	712,0	712,0	712,0	712,0
Farelo de soja (45%)	235,3	235,3	235,3	235,3	235,3
Fosfato bicálcico	12,2	12,2	12,2	12,2	12,2
Calcário	2,5	3,9	4,7	5,8	6,2
Suplemento mineral ⁽¹⁾	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Suplemento vitamínico ⁽²⁾	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Sal	5,8	5,0	3,0	2,0	0,2
BHT ⁽³⁾	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Óleo de soja	8,3	8,3	8,3	8,3	8,3
DL-metionina (98,0%)	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6
L-lisina HCl (77,4%)	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Areia lavada	9,2	8,5	7,8	6,7	5,0
Bicarbonato de sódio	0,0	2,0	5,0	7,5	11,1
Cloreto de Cálcio	5,0	3,1	2,0	0,5	0,0
Total	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00
Composição calculada ⁽⁴⁾					
EM (Kcal/Kg)	3.230	3.230	3.230	3.230	3.230
PB (%)	16,82	16,82	16,82	16,82	16,82
Ca (%)	0,631	0,631	0,631	0,631	0,631
P disp (%)	0,332	0,332	0,332	0,332	0,332
K (%)	0,711	0,711	0,711	0,711	0,711
Na (%)	0,256	0,278	0,279	0,307	0,333
Cl (%)	0,683	0,54	0,365	0,23	0,095
LIS (%)	0,916	0,916	0,916	0,916	0,916
M+C (%)	0,772	0,772	0,772	0,772	0,772
TRIP (%)	0,177	0,177	0,177	0,177	0,177
TRE (%)	0,566	0,566	0,566	0,566	0,566
BE (mEq/Kg) ⁽⁵⁾	100	150	200	250	300

⁽¹⁾Conteúdo por quilograma: 98,800mg de Cálcio; 185mg de Cobalto; 15,750mg de Cobre; 26,250mg de Ferro; 1,470mg de Iodo; 41,850mg de Manganês; 77,999mg de Zinco.

⁽²⁾Conteúdo por quilograma: 116,55mg de Ácido fólico; 2.333,5mg de Ácido pantotênico; 5,28mg de Biotina; 5.600mg de Niacina; 175mg de Piridoxina; 933,3mg de Riboflavina; 175mg de Tiamina; 1.225.000 U.I de Vit. A; 315.000 U.I. de Vit. D3; 1.400mg Vit. de E; 700mg Vit. de K3; 6.825mg de Vit. B12; 105mg de Selênio; 1.500mg de antioxidante.

⁽³⁾Butil Hidroxi Tolueno

⁽⁴⁾Composição calculada segundo Rostagno et al. (2005).

⁽⁵⁾BE - Balanço eletrolítico da ração calculado conforme Mongin (1981).

As rações formuladas tiveram BE calculado em 100, 150, 200, 250 e 300 mEq/kg. Para obtenção dos tratamentos foram utilizadas inclusões de bicarbonato de sódio e, ou, cloreto de cálcio

em substituição ao inerte. O BE da ração usado de 100 a 300 mEq/kg foi devido a revisão da literatura, onde o BE de rações com níveis reduzidos de proteína bruta atingem a faixa de 120 a 145 mEq/kg, e também as formulações práticas giram em torno de 170 mEq/kg.

Durante o período experimental, as sobras e o desperdício de ração foram coletados diariamente e subtraídos da quantidade fornecida, para posterior cálculo de consumo diário de ração. Os animais foram pesados no início e final do experimento para obtenção do ganho de peso diário e cálculo da conversão alimentar.

Foi verificada uma vez ao dia a consistência física das fezes dos animais por um mesmo observador, adotando-se uma escala de classificação de 0 a 2, sendo o escore: 0 (fezes diarreicas), 1 (fezes pastosas) e 2 (fezes normais).

Uma vez por semana foi obtida a temperatura retal e a temperatura superficial dos animais em dois horários, às 9h e às 15h. Para obtenção da temperatura retal foi utilizado um termômetro clínico digital introduzido no reto do animal durante um minuto ou até estabilização com indicador sonoro. Para obtenção da temperatura superficial foi utilizado termômetro sem contato, a laser, sendo obtidas as temperaturas à altura média do pernil, à altura média da paleta e na parte central da nuca, depois foi calculada a média dos valores da temperatura do pernil, paleta e nuca para obtenção da temperatura superficial.

Semanalmente foi verificada a frequência respiratória, obtida pela contagem dos movimentos dos flancos de cada animal durante 15 segundos e este resultado multiplicado por quatro para a obtenção dos dados em minutos.

Ao final do experimento após a pesagem dos animais, foi realizada a colheita de sangue de todos os indivíduos, por meio de punção na veia mamária para determinação das concentrações de sódio, potássio e cloreto. O procedimento da análise dos níveis destes eletrólitos foi efetuado segundo a metodologia proposta por Dersjant-Li et al. (2001). As amostras de sangue colhidas foram identificadas e centrifugadas a 1.600 rpm por 15 minutos para a obtenção do plasma sanguíneo e estocados a -20 °C. Sendo as análises de K e Na realizadas em espectrofotômetro de chama e de Cl no analisador de cloreto. Os resultados obtidos foram comparados aos padrões para a espécie suína.

O modelo estatístico utilizado foi:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + e_{ij}, \text{ em que:}$$

Y_{ij} = efeito do tratamento i na repetição j;

μ = média geral das variáveis;

t_i = efeito do tratamento i;

e_{ij} = erro aleatório associado a cada observação ij.

As análises estatísticas das variáveis de desempenho (consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar) e dos parâmetros fisiológicos (temperatura de superfície, frequência respiratória, temperatura retal e análises sanguíneas) foram realizadas utilizando-se o *General Linear Models Procedure* (PROC GLM) do Sas (2002). Para analisar a consistência das fezes, foi utilizado o teste Qui-quadrado. Todos os testes foram realizados considerando-se 5% de significância.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As condições ambientais observadas no presente trabalho podem ser caracterizadas como desconforto térmico para suínos em fase de crescimento, uma vez que Ferreira (2005), em revisão de trabalhos com animais dessa categoria, identificou como conforto a temperatura média de 22,1 °C e para animais em estresse por calor foi observada a temperatura de 31,9 °C (tabela 2).

Tabela 2 – Médias e desvios padrão de temperatura do ar, umidade relativa, temperatura de globo negro e ITGU calculado, observados para suínos em crescimento recebendo rações com diferentes teores de balanço eletrolítico

Elementos climáticos	Mínima	Máxima	Média	Desvio Padrão
Temperatura do ar (°C)	20,8	29,9	25,9	1,53
Umidade relativa do ar (%)	58,8	94,6	78,5	11,15
Temperatura de globo negro (°C)	23,3	30,6	26,1	2,64
ITGU calculado	-	-	75,0	2,69

Ferreira (2005) afirma que a umidade relativa do ambiente deve estar, no geral, dentro da faixa de 40 a 70% para a maioria das espécies domésticas. Já Leal e Nääs (1992), definem como umidades ótimas para suínos em crescimento em torno de 70%, sendo as críticas abaixo de 40% e acima de 90%. Durante o período experimental, houve grande variação na umidade relativa, sendo que a ocorrência de chuvas pode ter contribuído para tal situação, outro fator importante a ser considerado pode ser a altitude de 729 m, sendo uma região com predominância de serras.

Em trabalho realizado por Brêtas et al. (2011) com suínos em crescimento, para caracterização de ambiente com temperaturas elevadas foi observada uma média de temperatura de globo negro de 31,9 °C. A instalação utilizada para realização do presente trabalho possuía a sua volta uma vegetação relativamente alta, impedindo que parte da radiação penetrasse em seu interior, fato que pode ter contribuído para a redução da temperatura de globo negro, que ficou em média com 26,1 °C.

Pode-se inferir que os suínos foram mantidos em moderado estresse por calor em razão de o valor de ITGU calculado estar abaixo daqueles que caracterizaram como estresse por calor na literatura, como a exemplo de 83,0; 81,1; 82,7; e 82,2 obtidos respectivamente por Tavares et al. (2000), Orlando (2001), Ferreira (2001) e Kiefer et al. (2005).

O fornecimento de rações com diferentes balanços eletrolíticos não influenciou ($P>0,05$) o desempenho (CRD, GPD, CA) de suínos em crescimento (tabela 3). O fato de as formulações apresentarem proporção idêntica de inclusão de milho e de farelo de soja, e também não haver necessidade de inclusão de aminoácidos ácidos em maiores quantidades, associado ao ambiente térmico pouco estressante, podem ter contribuído para tal resultado.

Tabela 3 – Desempenho de suínos em fase de crescimento, recebendo rações com diferentes balanços eletrolíticos

Variável	Balanço eletrolítico da ração (mEq/kg)					P	CV(%)
	100	150	200	250	300		
Consumo de ração diário (g)	1.997	2.019	1.881	1.912	1.912	0,940	12,37
Ganho de peso diário (g)	913	948	883	880	836	0,699	10,81
Conversão alimentar (g/g)	2,18	2,12	2,13	2,17	2,29	0,276	4,26

P (nível de significância do teste)

CV (coeficiente de variação)

Em trabalho realizado por Brêtas et al. (2011), foi constatado que a correção do balanço eletrolítico em rações para suínos machos castrados em crescimento, mantidos em ambiente de alta temperatura, não influenciou o desempenho dos animais. Os estudos sobre BE em rações para suínos são realizados normalmente em situações de estresse por calor, uma vez que a redução da proteína bruta é uma das alternativas para diminuição do incremento calórico, assim há suplementação de aminoácidos, levando as rações a um BE de aproximadamente 130 mEq/kg.

Budde & Crenshaw (2003) não identificaram influência do BE da ração de -35, 112 e 212 mEq/kg nos parâmetros de desempenho de suínos em crescimento.

Para a categoria machos castrados em terminação em situação de estresse por calor, Brêtas et al. (2009) observaram que a correção do balanço eletrolítico em rações contendo 250 ou 300 mEq/kg, suplementadas com bicarbonato de sódio e, ou, cloreto de potássio, influenciou o ganho de peso, consumo de lisina e eficiência de utilização de lisina, mostrando que esta correção pode interferir no desempenho dos animais. Os resultados sugerem uma melhora no desempenho quando há correção do BE em situações de estresse, sendo uma alternativa para períodos quentes.

Em estudo realizado por Patience et al. (1987) com leitões de 8 a 12 semanas, no qual foi verificado efeito linear sobre o CRD e efeito quadrático no GPD dos animais alimentados com rações contendo BE de -85, 0, 100, 175, 277 e 341 mEq/kg, sugerem que o BE das rações podem

influenciar o desempenho de animais de diferentes categorias, sendo o organismo animal capaz de manter o equilíbrio em certas categorias e em outras o BE influenciar positivamente o desempenho.

A recomendação de Lizardo (2006), que, em uma revisão da literatura para suínos em crescimento sugeriu que o melhor desempenho poderia ser obtido com rações com balanço eletrolítico corrigido para 250 mEq/kg está de acordo com os resultados obtidos neste trabalho, uma vez que o BE variando de 100 a 300 mEq/kg não influenciou o desempenho dos animais.

Para GPD, os resultados do presente trabalho diferem daqueles obtidos por Patience & Wolynetz (1990), que identificaram aumento linear e quadrático, respectivamente, no consumo de ração e ganho de peso para rações corrigidas para -90 a 172 mEq/kg.

Wondra et al. (1993) realizaram dois experimentos com suínos em terminação, no primeiro experimento, os BE da ração variavam de 80 a 181 mEq/kg, houve diminuição linear do crescimento de suínos a medida que o BE aumentava, sendo o tratamento de 108 mEq/kg o que apresentou melhor desempenho. Já no segundo experimento, o BE da ração variou de 61 a 105 mEq/kg e não afetou o desempenho dos suínos. Em outro trabalho realizado pelos mesmos autores, não foi encontrada diferença significativa no crescimento de suínos em terminação alimentados com rações de 134 a 231 mEq/kg Wondra et al. (1995).

Haydon & West (1990) em trabalho realizado com BE das rações influenciando na digestibilidade dos nutrientes da ração, observaram uma melhor digestibilidade em rações contendo 250 e 400 mEq/kg, identificando uma grande importância da correção do BE da ração para suínos em crescimento, sendo que rações práticas não corrigidas a base de milho e soja, giram em torno de 170 mEq/kg. Portanto, os autores sugerem mais pesquisas para determinar as relações entre os processos de absorção e digestibilidade dos nutrientes.

O fornecimento de rações com diferentes balanços eletrolíticos promoveu alterações (Qui-quadrado: 36,25; $P < 0,01$) na consistência das fezes de suínos em crescimento. Analisando cada tipo de fezes separadamente, verificou-se influência do BE especificamente para fezes pastosas e diarreicas (tabela 4).

Tabela 4 – Frequência da consistência das fezes em relação ao tratamento recebido, em porcentagem

Fezes	Balanço eletrolítico da ração (mEq/kg)					Qui-quadrado
	100	150	200	250	300	
Diarreia	15,63	13,54	14,58	47,92	30,21	13,68**
Pastosa	5,21	7,29	30,21	12,50	10,42	15,53**
Normal	79,17	79,17	55,21	39,58	59,38	7,05ns

** (P<0,01)

ns (não significativo)

Embora seja relativamente bem conhecido que a ração cátion-aniônica pode afetar a alimentação e ingestão de água (YEN et al., 1981; MROZ et al., 1995), poucas informações estão disponíveis sobre os efeitos interativos desses fatores nos suínos. No presente trabalho, o BE da ração pode ter influenciado no consumo de água, alterando assim a consistência das fezes desses animais.

Como houve efeito do BE das rações na consistência das fezes, vale salientar que, segundo Bongaerts et al. (2005), o aumento do trânsito intestinal, além de ser agressivo para a mucosa, compromete a absorção de nutrientes e, conseqüentemente, pode piorar o desempenho do animal, reduzindo quantidades massivas de bactérias colonizadoras e favorecendo a colonização por patógenos.

Para os parâmetros fisiológicos (tabela 5), no que diz respeito à frequência respiratória, em movimentos/minuto, Ferreira (2005) em pesquisa realizada com suínos machos castrados (30 aos 60 kg), obteve valores de 44 mov./min. em ambiente de 21 °C e 82 mov./min. em temperatura de 32 °C. Considerando-se 21 °C como conforto para estes animais, foi obtido valor médio de $47 \pm 4,93$ mov./min., aproximando-se dos valores obtidos para situação de conforto térmico. A temperatura ambiente em conjunto com a temperatura de globo negro, relativamente baixa em relação às situações de estresse térmico, pode ter sido a causa para que os animais mantivessem a FR e TR dentro da faixa normal para a fase de suínos em crescimento.

Tabela 5 – Resultados de frequência respiratória, temperatura retal, temperatura de pernil, temperatura de paleta, temperatura de nuca e temperatura superficial de suínos em fase de crescimento, recebendo rações com diferentes balanços eletrolíticos

Variável	Balanço eletrolítico da ração (mEq/kg)					P	CV (%)
	100	150	200	250	300		
Frequência respiratória (mov./min.)	45,60	46,80	49,07	49,07	47,87	0,470	29,95
Temperatura retal (°C)	39,26	39,20	39,33	39,18	39,22	0,529	0,53
Temperatura de pernil (°C)	34,19	34,11	34,08	33,76	34,17	0,427	3,67
Temperatura de paleta (°C)	34,49	34,18	34,85	34,14	34,33	0,663	3,60
Temperatura de nuca (°C)	34,47	34,45	34,66	34,25	34,50	0,919	3,74
Temperatura superficial (°C)	34,38	34,25	34,53	34,05	34,33	0,891	3,10

P (nível de significância do teste)

CV (coeficiente de variação)

Brêtas et al. (2011) não encontraram diferenças na frequência respiratória de suínos submetidos a diferentes BE em situação de estresse, assim como observado neste trabalho. Para a característica temperatura retal, os mesmos autores também não encontraram diferença significativa. Kiefer et al. (2010) também não encontraram diferenças na frequência respiratória e temperatura retal de leitões de 8 a 25 kg alimentados com rações corrigidas para o balanço eletrolítico e níveis de sódio.

Brêtas et al. (2009) trabalhando com suínos machos castrados, não observaram diferenças na frequência respiratória e temperatura retal.

O nível de eletrólitos no sangue dos animais esta presente na tabela 6. Onde por meio das análises sanguíneas, foram determinadas as quantidades de Cloreto, Sódio e Potássio nos animais em crescimentos. Não houve diferença estatística ($P>0,05$) para tais atributos, contudo, os valores mais elevados observados para cloreto, sódio e potássio, foram pontualmente no tratamento de 200 mEq/kg.

Tabela 6 – Níveis dos eletrólitos no sangue dos animais em crescimento que receberam as rações com diferentes BE

Variável	Balanço eletrolítico da ração (mEq/kg)					P	CV(%)
	100	150	200	250	300		
Cloreto (mEq/L)	100,50	99,17	104,17	100,33	99,33	0,145	2,41
Sódio (mEq/L)	149,50	147,67	150,50	147,67	150,33	0,651	2,23
Potássio (mEq/L)	6,10	5,72	6,20	5,78	5,15	0,384	12,39
Relação Cl:Na:K	16:24:01	17:25:01	16:24:01	17:25:01	19:29:01	-	-

P (nível de significância do teste)

CV (coeficiente de variação)

O fato de não haver diferença significativa ($P>0,05$) na concentração de eletrólitos no sangue, pode ser por razão do equilíbrio realizado pelo organismo animal, onde o excesso ou deficiência destes é controlado pela excreção ou absorção pelos mecanismos usados na homeostase orgânica, evidenciando que o animal promove um controle interno para manutenção do equilíbrio ácido-básico.

Budde & Crenshaw (2003) detectaram diferença entre as concentrações séricas de sódio, efeito quadrático para o potássio e efeito linear para o cloreto, para suínos em crescimento, indicando que as compensações metabólicas através dos rins e mecanismos respiratórios não foram suficientes para manter as concentrações destes eletrólitos no organismo animal.

A manutenção da proporção sanguínea na concentração de cloreto, sódio e potássio pode ter contribuído para os resultados de desempenho obtidos neste estudo, onde não houve efeito do BE nos parâmetros de desempenho.

De acordo com Jardim et al. (1987), os valores mensurados para suínos machos castrados pesando entre 50 e 90 kg foram de $152,1 \pm 18,3$ mEq/L para o sódio e $5,9 \pm 1,3$ mEq/kg para o potássio, valores próximos aos encontrados neste trabalho para suínos de $55,98 \pm 4,05$ kg. Segundo os valores considerados ideais pela Universidade Estadual Paulista – UNESP (1996) para o cloreto (94–106 mEq/L), as concentrações encontradas estão dentro da faixa citada. Brêtas et al. (2011) não observaram diferença na concentração sérica de sódio e cloreto, portanto, identificaram nas concentrações de potássio.

DeRouchey et al. (2003) não encontrou diferença na concentração de Na no sangue de porcas em lactação alimentadas com rações possuindo BE de 0 a 500 mEq/kg, portanto, houve

efeito linear e quadrático para o cloreto e para o potássio, divergindo dos valores encontrados no presente trabalho com suínos em crescimento.

Segundo Dersjant-Li et al. (2001), os suínos são capazes de manter a homeostase intraluminal através da excreção e, ou, absorção gástrica e intestinal, sugerindo o controle do equilíbrio ácido básico.

5. CONCLUSÃO

A correção do balanço eletrolítico para suínos em crescimento não se faz necessária, visto que o desempenho não é alterado dentro da faixa de 100 a 300 mEq/kg, faixa na qual se encontra o BE de rações práticas e daquelas com teores reduzidos de proteína bruta.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIRES, M. M. **Fisiologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: Ed. Guanabara Koogan 1999, p.175-182.
- ALBERTON, G. C.; WERNER, P. R. **Infecções urinárias em porcas**. Rev. Arquivo de Ciências Veterinárias e Zoologia. Ed. Umuarama 1998, v.1, n.1, p.71-81.
- ALLEN, T. A. **Measurement of the influence of diet on feline urinary pH**. Rev. Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice. Ed. Philadelphia 1996, v. 26, n. 2, p. 363-368.
- ANDRIGUETTO, J. M.; PERLY, L.; MINARDI, I.; et al. **NUTRIÇÃO ANIMAL: As bases e os fundamentos da nutrição animal – os alimentos**. São Paulo: Ed. Nobel 2002, v.1, n.1, p. 395.
- BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais: conforto animal**. 6 ed. Viçosa: Ed. UFV 1997, v. 1, n. 1, p. 246.
- BELAY, T.; TEETER, R. G. **Broiler water balance and thermobalance during thermoneutral and high ambient temperature exposure**. Ed. Poultry Science 1993, v. 72, p. 116 – 124.
- BERTECHINI, A. G. **Nutrição de monogástricos**. Lavras: Ed. UFLA 2006, p. 301.
- BONAZZI, G. **Liquami Zootecnici. Manuale per l'utilizzazione agronomica**. Italia: Ed: Edizioni L'Informatore Agrario 2001, p. 320 .
- BONGAERTS, G.; SEVERIJNEN, R.; TIMMERMAN, H. **Effect of antibiotics, prebiotics and probiotics in treatment for hepatic encephalopathy**. Ed. Medical Hypotheses 2005, v.64, n. 1, p.64-68.
- BORGES, S. A. **Balanço Eletrolítico e sua inter-relação com o equilíbrio ácido-básico em frangos de corte submetidos a estresse calórico**. Universidade Estadual Paulista.Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Tese de Doutorado Jaboticabal, p. 97. 2001.
- BORGES, S. A.; MAIORKA, A.; SILVA, A. V. F. **Fisiologia do estresse calórico e a utilização de eletrólitos em frangos de corte**. Santa Maria: Rev. Ciência Rural 2003, v.33, n.5, p.975-981.
- BRÊTAS, A. A.; FERREIRA, R. A.; VALE, P.C.B.; COUTO; et al. **Estudo do balanço eletrolítico alimentar para suínos machos castrados em acabamento mantidos em ambiente de alta temperatura**. Lisboa: Rev. Portuguesa de Ciências Veterinárias 2009, v. 104, n. 569-572, p. 37-43.
- BRÊTAS, A. A.; FERREIRA, R. A.; AMARANTE JÚNIOR; et al. **Balanço eletrolítico para suínos machos castrados em crescimento mantidos em ambiente de alta temperatura**. Lavras: Rev. Ciências Agrotecnologia 2011, v. 35, n. 1, p. 186-194.

- BUDDE, R. A.; CRENSHAW, F. D. **Chronic metabolic acid load induced by changes in dietary electrolyte balance increased chloride retention but did not compromise bone in growing swine.** American: Journal of Animal Science 2003, Ed. Champaign, v.81, p.197-208.
- BUFFINGTON, D. E.; COLAZZO-AROCHO, A.; CANTON, G. H.; et al. **Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows.** Michagan: Ed. ASABE 1981, v.24, n. 3, p.711-714.
- CAHN, T. T.; AARNICK, A. J. A.; MROZ, Z.; et al. **Influence of dietary calcium salts and electrolyte balance on urinary ph., slurry ph., and ammonia volatilization from slurry of grow-finish pigs.** American: Journal of Animal Science 1997, v.75, n. 1, p.211.
- CAMPBELL, M. K. **Bioquímica.** 3 ed. Porto Alegre: Ed. Armed 2000, p. 752p.
- CERA, K. R; MAHAN, D. C; REINHARDT, G. A. **Apparent fat digestibilities and performance responses of post weaning swine fed diets supplemented with coconut oil, corn oil or tallow.** American: Journal Animal Science 1989, v. 67, p. 2040-2047.
- CUEVAS, L. **Estratégias de manejo de reprodutores em épocas de calor.** Rev. Anaporc Porcinocultura 1999, p.103-116.
- DEL CLARO, G. R. **Influência do balanço cátion-aniônico da ração no desempenho de ovinos.** Dissertação 2003, Universidade de São Paulo 2003.
- DEROUCHEY, J. M.; HANCOCK, J. D.; HINES, R.H.; et al. **Effects of dietary electrolyte balance on the chemistry of blood and urine in lactating sows and sow litter performance.** American: Journal of Animal Science 2003, v. 81, p.3067-3074.
- DERSJANT-LI, Y.; SCHULZE, H.; SCHRAMA, J. W.; et al. **Feed intake, growth, digestibility of dry matter and nitrogen in young pigs as affected by dietary cation-anion difference and supplementation of xylanase.** Journal Animal Physiology and Animal Nutrition 2001, n. 85, p. 101-109.
- DOVE, C. R.; HAYDON, K. D. **The effect of various diet nutrient densities and electrolyte balances on sow and litter performance during two seasons of the year.** Journal of Animal Science 1994, v. 72, p. 1101-1106.
- FERGUNSON, N. S.; GOUS, M. R. **The influence of heat production on voluntary food intake in growing pigs given protein-deficient diets.** Animal Science 1997, v.64, p. 365-378.
- FERREIRA, R. A. **Efeitos do clima sobre a nutrição de suínos.** Chapecó: Encontros técnicos da Abraves 2000, v.1, p. 01-15.
- FERREIRA, R. A. **Avaliação da redução da proteína bruta da ração com suplementação de aminoácidos para suínos dos 15 aos 60 kg mantidos em diferentes ambientes térmicos.** Tese 2001, Universidade Federal de Viçosa, p. 67.
- FERREIRA, R. A. **Maior Produção com Melhor Ambiente para aves, suínos e bovinos.** 1 ed. Viçosa: Ed. Aprenda Fácil 2005, p. 371.

- FERREIRA, R. A.; OLIVEIRA, R. F. M.; DONZELE, J. L.; et al **Níveis de Energia Digestível para Leitoas dos 15 aos 30 kg Mantidas em Ambiente de Frio (15°C).** Viçosa: Rev. Brasileira de Zootecnia 1998, v. 27, n. 6, p. 1131-1139.
- FERREIRA, R. A.; OLIVEIRA, R. F. M.; DONZELE, J. L.; et al. **Redução da proteína bruta da ração para suínos machos castrados dos 15 aos 30 kg mantidos em termoneutralidade.** Rev. Brasileira de Zootecnia 2003, v.32, n. 6, p. 1639-1646.
- FERREIRA, R. A.; OLIVEIRA, R. F. M.; DONZELE, J. L.; et al. **Redução do nível de proteína bruta e suplementação de aminoácidos em rações para suínos machos castrados mantidos em ambiente termoneutro dos 30 aos 60 kg.** Rev. Brasileira de Zootecnia 2005, v.34, n. 2, p. 548-556.
- FERREIRA, R. A.; OLIVEIRA, R. F. M.; DONZELE, J. L.; et al. **Redução da proteína bruta da ração para suínos machos castrados dos 15 aos 30 kg mantidos em ambiente de alta temperatura.** Rev. Brasileira de Zootecnia 2006, v.35, n. 3, p. 1056-1062.
- FERREIRA, R. A.; OLIVEIRA, R. F. M.; DONZELE, J. L.; et al. **Redução da proteína bruta e suplementação de aminoácidos para suínos machos castrados dos 30 aos 60 kg mantidos em ambientes de alta temperatura.** Rev. Brasileira de Zootecnia 2007, v.36, n. 4, p. 818-824.
- FLORIO, J. C. Absorção, Distribuição, Biotransformação e Eliminação. In: SPINOSA, H. S.; GÓRNIK, S. L.; BERNARDI, M. M. **Farmacologia aplicada à medicina veterinária.** Rio de Janeiro: Ed. Guanabara Koogan 1996, v. 1, 4 ed., p. 23-37.
- GARCIA-NAVARRO, C. E. K. **Manual de urinálise veterinária.** São Paulo: Ed. Varela 1996, p. 25-26.
- GOLZ, D. I.; CRENSCHAW, T. D. **The effect of dietary potassium and chloride on cation-anion balance in swine.** Journal Animal Science 1991, v.69, p.2504-2515.
- GROSS, D. R. **Drogas que atuam no equilíbrio líquido e eletrolítico.** In: JONES, M.; BOOTH, N.H.; McDONALD, L.E. **Farmacologia e terapêutica em veterinária.** 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 1992. p. 427-432.
- HAYDON, K. D.; WEST, J. W. **Effect of dietary electrolyte balance on nutrient digestibility determined at end of the small intestine and over the total digestive tract in growing pigs.** Journal Animal Science 1990, n. 68, p. 3687-3693.
- HAYDON, K. D.; WEST, J. W.; MCCARTER, M. N. **Effect of dietary electrolyte balance on performance and blood parameters of growing finishing swine feed in high ambient temperatures.** Journal Animal Science 1990, v. 68, p.2400-2406.
- HOUP, T. R. **Equilíbrio ácido-básico.** In: DUKES, H.H. **Fisiologia dos animais domésticos.** 11. Ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan 1996, p. 549-559.
- HOUP, T. R. **Água e eletrólitos.** In: **Dukes: Fisiologia dos animais domésticos.** 12º ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan 2006, p. 11-23.

- JARDIM, E. C.; FISCHTNER, S. S.; ZAPATA, H. S. S. **Teores séricos de cálcio, fósforo, sódio e potássio em suínos no Estado de Goiás.** Anais da Escola de Agronomia e Veterinária 1987, v. 17, p. 107-111.
- JUNQUEIRA, O. M.; ARAÚJO, F. L.; ARAÚJO, C. S. S.; et al. **Efeito das fontes e níveis de sódio, cloro e potássio e da relação (Na+K)/Cl, sobre o desempenho e características do plasma sanguíneo de poedeiras comerciais.** Viçosa: Ver. Brasileira de Zootecnia 2000, v. 29, n. 4, p. 110 - 116.
- KERR, B. J.; YEN, J. T.; NIENABER, J. A.; et al. **Influences of dietary protein level, amino acid supplementation and environment temperature on performance, body composition, organ weights and total heat production of growing pigs.** Journal of Animal Science 2003, v.81, p.1998-2000.
- KIEFER, C.; FERREIRA, A. S.; DONZELE, J. L.; et al. **Exigência de metionina+cistina digestíveis para suínos machos castrados mantidos em ambiente termoneutro dos 30 aos 60 kg.** Ver. Brasileira de Zootecnia 2005, v.34, p. 874-854.
- KIEFER, C.; MORAIS, M. G.; SANCHES, J. F.; et al. **Níveis de balanço eletrolítico com ênfase em sódio em leitões dos 9 aos 25 kg mantidos sob conforto térmico.** Curitiba: Rev. Pork Expo & IV Fórum Internacional de Suinocultura 2008, Anais, p. 193.
- KIEFER, C.; SANCHES, J. F.; SILVA, A. P.; YOSHIDA, F. Y.; SILVA, C. M. **Sódio e balanço eletrolítico em rações para leitões dos 8 aos 25 kg mantidos em ambiente de alta temperatura.** Goiânia: Rev. Ciência Animal Brasileira 2010, v. 11, n. 3, p. 503-508.
- LE BELLEGO, L.; MILGEN, J. VAN; DUBOIS, S.; et al. **Energy utilization of low protein diets in growing pigs.** Journal of Animal Science. v. 79, p. 1259-1271, 2001.
- LEAL, P. M.; NÄÄS I. A. **Ambiência animal.** In: CORTEZ, L. A. B.; MAGALHÃES, P. S .G. (Org.). **Introdução à engenharia agrícola.** Campinas, SP : Unicamp 1992, p.121-135.
- LIZARDO, R. **O bicarbonato de sódio na alimentação dos suínos.** Rev. SUIs BRASIL 2006, n. 11, p. 14 – 23.
- MACARI, M.; FURLAN, R. L.; GONZALES, E. **Fisiologia aviária aplicada a frango de corte.** Jaboticabal: Ed. FUNEP/UNESP 1994, p. 246.
- MCGLONE, J. J. STANSBURY, W. F. TRIBBLE, L. F. **Management of Lactating Sows during Heat Stress: Effects of Water Drip, Snout Coolers, Floor Type and a High Energy-Density Diet.** Journal of Animal Science 1988, v. 66, p.885-891.
- MESCHY, F. **Balance electrolítico y productividad en animales monogástricos.** France: Cuadernos Técnicos 1998, Ed. INRA, p.15.
- MESCHY, F. **Balance electrolítico y productividad en animales monogástricos.** France: XIV Curso de Especializacion 1999, Ed. INRA, p.1-13.
- MONGIN, P. **Recent advances in dietary ânion-cation balance: applications in poultry.** Rev. Proceedings of the Nutrition Society 1981, v. 40, n. 1, p. 285-294.

- MONGIN, P.; SAUVEUR, B. **Interrelationships between mineral nutrition, acid-base balance, growth and cartilage abnormalities.** Rev. Proceedings Poultry Science 1977, Ed. Edinburg, n. 12, p. 235 – 237.
- MROZ, Z.; JONGBLOED, A. W.; LENIS, N. P.; VREMAN, K. **Water in pig nutrition:** Physiology, allowances and environmental implications. Nutrition Research Reviews 8:137–164. 1995.
- NÄÄS. I. De A. **Princípios de conforto térmico na produção animal.** Ed. ÍCONE 1989, p.183.
- OLIVEIRA, G. C.; MOREIRA, I.; FURLAN, A. C.; et al. **Efeito das dietas de baixo teor de proteína bruta, suplementadas com aminoácidos, para leitões machos castrados (15 a 30 kg).** Rev. Brasileira de Zootecnia 2004, v. 33, n. 6, p. 1747-1757.
- OLIVEIRA, V.; FIALHO, E. T.; LIMA, J. A. F.; et al. **Teor de Proteína no Metabolismo do Nitrogênio e da Energia em suínos durante o Crescimento.** Lavras: Rev.Ciências e Agrotecnologia 2005, v. 29, n. 4, p. 866-874.
- ORLANDO, U. A. D. **Nível de proteína bruta da ração e efeito da temperatura ambiente sobre o desempenho e parâmetros fisiológicos de leitoas em crescimento.** Tese (Doutorado em Zootecnia) 2001, Universidade Federal de Viçosa, UFV, Viçosa MG, p. 77.
- 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 dos 30 aos 60 kg mantidas em ambiente de alta temperatura.** Viçosa: Revista Brasileira de Zootecnia 2007, v. 36, n. 5, p. 1573-1578.
- PAIVA, F. P.; DONZELE, J. L.; OLIVEIRA, R. F. M.; et al. **Energia digestível em rações para porcas primíparas em lactação.** Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia 2006, v. 58, n. 2, p. 234-241.
- PATIENCE, J. F.; WOLYNETZ, M. S. **Influence of dietary undetermined anion on acid-base status and performance in pigs.** Journal Nutrition 1990, v. 120, p. 579–587.
- PATIENCE, J. F.; AUSTIC, R. E.; BOYD, R. D. **Effect of Dietary Electrolyte Balance on Growth and Acid-Base Status in Swine.** Journal of Animal Science 1987, v. 64, p. 457-466.
- PATIENCE, J. F.; COLE, D. J. A.; HARESIGN, W.; et al. **The physiological basis of electrolytes in animal nutrition. In: Recent Development in Pig Nutrition.** Loughborough: Nottingham University Press 1993, UK, p. 225 – 242.
- PENZ JR., A. M. **Estresse pelo calor:** efeitos em frangos e matrizes; manipulação do equilíbrio ácido-básico. In: **CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA DE TECNOLOGIA AVÍCOLA** 1989, Anais. Campinas: APINCO 1989, p. 139 - 146.
- RANDALL, D.; BURGGREN, W.; FRENCH, K. **Fisiologia animal: Mecanismos e adaptações.** 4 ed. 2000. Rio de Janeiro: Ed. Guanabara Koogan, p. 729.
- REECE, W. O. **Função Renal nos Mamíferos.** In: **Dukes:** Fisiologia dos animais domésticos. 12 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan 2006,. p. 67-96.

- RIELLA, M .C. **Metabolismo ácido-básico**. In: **Princípios de nefrologia e distúrbios hidroeletrólíticos**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan 1988, p. 105-123.
- ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos; composição de alimentos e exigências nutricionais**. Viçosa 2005, p. 186.
- ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; SALGUERO, S.; et al. **Recentes avanços na nutrição de suínos**. In: Simpósio Brasil Sul de Suinocultura 2008, Chapecó, Anais, p. 86-99.
- SALVADOR, D.; ARIKI, J.; BORGES, S. A.; et al. Suplementação de bicarbonato de sódio na ração e na água de bebida de frangos de corte submetidos ao estresse calórico. *ARS Veterinária* 1999, v. 15, p. 144 – 48.
- 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**. Ver. Sociedade Brasileira de Zootecnia 2003, v. 32, n. 6, p. 1690-1696.
- SAVARIS, V. D. L. **Estudo do Balanço Eletrolítico e da proteína bruta da ração para suínos em crescimento em condições de alta temperatura**. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, Janeiro 2008.
- SOBESTIANSKY, J.; WENTZ, I.; da SILVEIRA, P. R. S.; et al. **Suinocultura intensiva: manejo da alimentação**. Brasília: Embrapa, 1998. p. 77.
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM - SAS. **SAS user's guide**. Cary: SAS Institute, 2002. 1686 p.
- SWENSON, M. J.; REECE, W. O. **Dukes: Fisiologia dos animais domésticos**. 11ª edição. Rio de Janeiro: Ed. Guanabara Koogan 1996, 856 p.
- TATON, G. F.; HAMAR, D. W.; LEWIS, L. D. **Evaluation of ammonium chloride as a urinary acidifier in the cat**. *Journal of the American Veterinary Medical Association* 1984, Ed. Schaumburg, v. 184, n. 4, p. 433-436.
- 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 suínos machos castrados dos 30 aos 60 kg**. *Revista Brasileira de Zootecnia* 2000, v. 29, n. 1, p. 199-205.
- UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP. **Tabela de valores normais de eletrólitos em diferentes espécies animais**. Botucatu 1996.
- VIEITES, F. M.; MORAES, G. H. K.; ALBINO, 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* 2005, v. 34, n. 6, p. 1990-1999.

WONDRA, K. J.; HANCOCK J. D.; BEHNKE K. C.; et al. **Do dietary buffers improve growth performance or nutrient digestibility or decrease stomach ulcers in finishing pigs?** Swine Day 1993, p.144–148.

WONDRA, K. J.; HANCOCK J. D.; BEHNKE K. C.; et al. **Effects of dietary buffers on growth performance, nutrient digestibility, and stomach morphology in finishing pigs.** Journal of Animal Science 1995, v.73, p.414–420.

YEN, J. T.; POND, W. G.; PRIOR, R. L. **Calcium chloride as a regulator of feed intake and weight gain in pigs.** Journal of Animal Science 1981, v. 52, p.778–782.