



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL  
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL**

**EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE MACRO E  
MICROMINERAIS EM FÊMEAS OVINAS MESTIÇAS  
LANADAS CONFINADAS**

**Sandra Regina Goularte**

**CAMPO GRANDE, MS  
2014**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL  
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL**

**EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE MACRO E  
MICROMINERAIS EM FÊMEAS OVINAS MESTIÇAS  
LANADAS CONFINADAS**

**Sandra Regina Goularte**

**Orientadora: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Maria da Graça Morais**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, como avaliação para o título de doutor em Ciência Animal. Área concentração: Produção Animal.

**CAMPO GRANDE, MS  
2014**

Certificado de aprovação

**SANDRA REGINA GOULARTE**

**Exigências de macro e microminerais em fêmeas ovinas confinadas.**

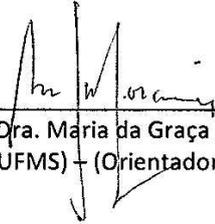
**Requirements of macro and micro minerals in confined female sheep.**

Tese apresentada à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, como requisito à obtenção do título de doutora em Ciência Animal.

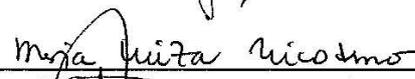
Área de concentração: Produção Animal.

Aprovado(a) em: 06/06/2014

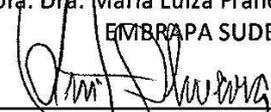
BANCA EXAMINADORA:



Prof. Dra. Maria da Graça Moraes  
(UFMS) - (Orientadora)



Prof. Dra. Maria Luiza Franceschi Nicodemo  
EMBRAPA SUDESTE



Prof. Dr. Luiz Orcirio Fialho de Oliveira  
EMBRAPA PANTANAL



Prof. Dr. Henrique Jorge Fernandes  
UEMS



Profa. Dra. Camila Celeste Brandão Ferreira Itavo  
UFMS

Aos meus pais,  
que, pelo apoio e carinho,  
tornaram possível um sonho.

*“Um sonho que se sonha só,  
é apenas um sonho que se sonha só.  
Mas um sonho que se sonha junto, é realidade”*

**Raul Seixas**

## **AGRADECIMENTOS**

Minha extensa gratidão ao Professor Luís Carlos Vinhas Ítavo, por me ingressar no caminho da pesquisa, apoiando-me em todas as etapas, e ao Professor Michael Robin Honer, por acreditar e possibilitar o início desta jornada.

À Professora Maria da Graça Morais, pela orientação e exemplo ao longo do curso.

A Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado do Mato Grosso do Sul, pela concessão de bolsa de estudos.

Ao Programa de Pós Graduação em Ciência Animal, pela oportunidade oferecida.

Aos Professores do Programa de Pós Graduação em Ciência Animal, pela atenção e exemplo de profissionalismo.

Aos técnicos e pesquisadores do laboratório de Solos, Embrapa-Pantanal, pela enorme atenção e colaboração.

Aos técnicos do Laboratório de Nutrição Animal (LNA), Antônio Perez e Francisco Coelho, pelo carinho e atenção dedicados.

Aos meus irmãos, Rudinei e Dayse, pela paciência e carinho.

A todos os amigos, pelo carinho e contribuição para realização deste trabalho.

Obrigada!

## RESUMO

Goularte, S.R. Exigências nutricionais de macro e micro minerais de fêmeas ovinas confinadas, 2014, 79 f. Tese de doutorado – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, MS, 2014.

A ovinocultura é uma das atividades agropecuárias em expansão no país. Apesar de sua importância na cadeia produtiva da carne, existem poucas informações quanto à composição corporal e exigências minerais, principalmente em fêmeas. A eficácia da suplementação para desempenho animal depende do conhecimento das exigências nutricionais e da composição da dieta, pois o excesso de alguns minerais pode dificultar a absorção ou interagir no metabolismo de outros, causando perdas na produtividade dos rebanhos e alterações reprodutivas, além de possíveis danos ambientais pela excreção excessiva de possíveis poluentes. Diante deste cenário, fica evidente a necessidade de determinar os requerimentos minerais de fêmeas ovinas em condições tropicais. O objetivo do trabalho foi determinar as exigências de macro e microminerais de fêmeas ovinas mestiças lanadas e confinadas, estimar a composição mineral do ganho de peso corporal e a biodisponibilidade dos elementos cálcio (Ca), fósforo (P), magnésio (Mg), ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn) e cobre (Cu). Foram utilizadas 30 fêmeas ovinas mestiças, com peso médio inicial de 24,6 kg, mantidas em confinamento. Seis animais foram abatidos após o período de adaptação e utilizados como referência para determinação da composição corporal pelo método do abate comparativo. Os demais foram distribuídos em quatro tratamentos e alimentados com feno de capim Tifton triturado e níveis de concentrado de 20; 40; 60 e 80 %, em delineamento inteiramente casualizado. Os animais foram abatidos ao atingirem 48 kg de peso. Os conteúdos de minerais retidos no corpo foram estimados por meio de ajuste do modelo alométrico em função do peso do corpo vazio (PCVZ). As exigências líquidas dos minerais, para ganho em PCVZ, foram estimadas a partir da derivação da equação de predição da composição corporal. As exigências líquidas para animais entre 20 e 50 kg PCVZ variaram de 11,5 a 9,4 g de Ca, de 5,24 a 5,12 g de P, de 0,68 a 0,71 g de Mg, de 153,3 a 189,9 mg de Fe, de 1,9 a 1,8 mg de Mn, de 55,6 a 79,5 mg de Zn e de 9,3 a 14,2 mg de Cu, por kg de PCVZ, respectivamente. Os coeficientes de absorção aparente observados foram de 0,60 para cálcio, 0,43 para fósforo, 0,66 para magnésio, 0,35 para ferro, 0,49 para manganês, 0,55 para zinco e 0,47 para o cobre. A composição corporal de cálcio não é constante na composição do ganho de peso do corpo vazio e a concentração de Fe, Zn e Cu eleva com a medida que aumenta o do PCVZ. Os fatores que mais interferem no estabelecimento das exigências nutricionais de minerais são o coeficiente de absorção e a composição do ganho do PCVZ.

## ABSTRACT

Goularte, S. R. Nutritional requirements of macro and micro minerals of ewes maintained in feedlot, 2014, 79 f. PhD Thesis - Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science of the Federal University of Mato Grosso do Sul, MS, 2014.

The sheep industry is one of the expanding farming activities in the country. Despite its importance in the meat production chain, there is little information regarding body composition and mineral requirements, especially in ewes. The effectiveness of supplementation for animal performance depends on the knowledge of nutritional requirements and the composition of the diet, because the excess of some minerals can reduce the absorption or, interact in metabolism of others, causing economic losses in livestock productivity and reproductive disorders, as well as, possible damage environment by excessive excretion of possible pollutants. Given this scenario, it is evident the need to determine the mineral requirements of ewe under tropical conditions. The objective of this study was to determine the requirements of macro and trace minerals of ewe crossbred wooled, in feedlot, and estimate the mineral composition of body weight gain and the bioavailability of the elements calcium (Ca), phosphorus (P), magnesium (Mg), iron (Fe), manganese (Mn), zinc (Zn) and copper (Cu). 30 female crossbred sheep with average initial weight of 24.6 kg, kept in confinement were used. Six animals were slaughtered after the adaptation period and used as a reference for determination of body composition by the comparative slaughter method. The others were assigned to four treatments and fed Tifton grass hay milled and levels of concentrate to 20; 40; 60 and 80 %, in a completely randomized design. The animals were slaughtered when they reached 48 kg in weight. The contents of minerals retained in the body were estimated by fitting the allometric model as a function of the empty body weight (EBW). Net requirements of minerals, to gain in EBW were estimated from the derivation of body composition prediction equation. The net requirements for animals between 20 kg and 50 kg EBW ranged from 11.5 to 9.4 g Ca, from 5.24 to 5.12 g of P, 0.68 to 0.71 g of Mg, 153.3 to 189.9 mg of Fe, from 1.9 to 1.8 mg of Mn, 55.6 to 79.5 mg of Zn and 9.3 to 14.2 mg of Cu per kg EBW, respectively. The apparent absorption coefficients were 0.60 for calcium, 0.43 for phosphorus, 0.66 for magnesium, 0.35 for iron, 0.49 for manganese, 0.55 for zinc and 0.47 for copper. The body composition of calcium is not constant in composition of gain of empty body weight and the concentration of Fe, Zn and Cu increases with the measure increases the EBW. The factors that most affect the establishment of nutritional requirements of minerals are the absorption coefficient and the composition of EBW gain.

## SUMÁRIO

<b>RESUMO.....</b>	<b>viii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>ix</b>
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Revisão de literatura.....</b>	<b>2</b>
<b>1.1.1 Minerais.....</b>	<b>2</b>
1.1.1.1 Macrominerais .....	3
Cálcio .....	4
Fósforo .....	7
Magnésio.....	12
Sódio .....	14
Potássio .....	15
1.1.1.2 Microminerais .....	18
Ferro.....	18
Manganês .....	20
Zinco .....	22
Cobre.....	24
<b>1.1.2 Métodos de determinação de exigências de minerais para ovinos.....</b>	<b>27</b>
<b>1.2 Referências .....</b>	<b>34</b>
<b>2. EXIGÊNCIAS DE CÁLCIO, FÓSFORO E MAGNÉSIO DE FÊMEAS OVINAS CONFINADAS.....</b>	<b>44</b>
Introdução .....	Erro! Indicador não definido.
Materiais e Métodos.....	Erro! Indicador não definido.
Resultados e Discussão .....	Erro! Indicador não definido.
Conclusão.....	Erro! Indicador não definido.
Referências.....	Erro! Indicador não definido.
<b>3. EXIGÊNCIAS DE FERRO, MANGANÊS, ZINCO E COBRE DE FÊMEAS OVINAS CONFINADAS.....</b>	<b>60</b>
Introdução .....	61
Materiais e Métodos.....	62
Resultados e Discussão .....	67
Conclusão.....	71
Referências.....	72

## 1. INTRODUÇÃO

A ovinocultura no Brasil é uma alternativa de exploração pecuária, principalmente em relação à produção de carne. A capacidade produtiva aumentou devido a melhorias nas condições de manejo, no melhoramento genético e nutrição animal. Avanços científicos visando adequada alimentação para ovinos são notáveis, tanto para avaliação de alimentos convencionais, fontes alimentares alternativas e uso de aditivos, como sobre o potencial produtivo e qualidade dos cortes cárneos.

Contudo, informações sobre exigências nutricionais de ovinos, principalmente composição corporal e exigências de minerais sob condições tropicais são escassas e poderiam representar importante ferramenta para tornar a atividade ecologicamente sustentável e economicamente viável (GONZAGA NETO et al., 2005).

Embora os minerais desempenhem funções essenciais aos processos fisiológicos vitais, sua deficiência pode até não levar o animal à morte súbita, mas podem reduzir o desempenho produtivo nas deficiências subclínicas, sem que apresentem sintomatologias específicas que conduzam ao diagnóstico rápido e adequação das dietas.

No Brasil, o balanceamento das dietas e de suplementos minerais tem como referências requisitos propostos pelo National Research Council (NRC 2007) e pelo Agricultural and Food Research Council (AFRC 1991). Os valores recomendados por esses comitês são obtidos em ambientes diferentes dos observados no Brasil e, muitas vezes, extrapolados de dados obtidos com outras espécies animais. Embora existam alguns trabalhos brasileiros utilizando-se ovinos (GERASEEV et al., 2000; PEREZ et al., 2001; GONZAGA NETO et al., 2005; MENDES et al., 2010), ainda é pequeno o número de informações a respeito das exigências de minerais.

A eficácia de um programa de suplementação depende do conhecimento prévio das exigências nutricionais e da real composição nutricional da dieta, pois o excesso de alguns minerais pode dificultar a absorção ou interagir no metabolismo de outros, resultando em perdas na produtividade dos rebanhos e alterações reprodutivas (MENDES et al., 2010).

Além de melhorias na eficiência de produção e redução de custos, outro aspecto importante tem recebido atenção quanto às exigências de minerais em ruminantes, principalmente no que se refere à suplementação com níveis excessivos, podendo gerar possíveis impactos ambientais, com especial atenção ao fósforo (VASCONCELOS et al., 2007; MODIN-EDMAN et al., 2007; PFEFFER e HRISTOV, 2005). De acordo com Teixeira

(2004) dietas que atendam às exigências nutricionais dos animais, podem minimizar desperdício de nutrientes e com isso, a deposição de poluentes no ambiente, decorrentes da atividade pecuária.

De modo geral, as exigências dietéticas de minerais e sua deposição corpórea são mais difíceis de serem definidas quando comparadas aos nutrientes orgânicos, em decorrência dos fatores influentes, tais como nível de produção, idade, peso, forma química do elemento, inter-relação com outros nutrientes, ingestão mineral, raça, grupo genético, condição corporal e sexual e adaptação do animal à dieta, acrescidas das variações na composição química dos solos e consequentemente das pastagens (VÉRAS et al., 2001).

Como pode ser observado, o estudo da nutrição mineral é complexo e multifatorial, impedindo a realização de ensaios que permitam o controle de todos os fatores interferentes. Os experimentos para determinar exigências minerais são trabalhosos e de alto custo, pois envolvem etapas como: ensaios de digestibilidade dos minerais (para obter coeficientes de absorção) em dietas com níveis crescentes de minerais. Em seguida usa-se a metodologia do abate comparativo, e, finalmente, o abate total dos animais para obtenção do rendimento de carcaça e da composição mineral do corpo e a do ganho de peso do corpo vazio (GPCVZ).

No entanto, a busca por redução nos custos de produção e maior desempenho animal, de forma sustentável, torna o estudo da composição corporal e exigências de minerais, importante para o estabelecimento de planos nutricionais mais eficientes que atendam aos reais requerimentos de ovinos criados em condições brasileiras.

Considerando o exposto, objetivou-se estudar as exigências de minerais de fêmeas ovinas mestiças alimentadas com diferentes níveis de concentrado, estimando a composição mineral do ganho de peso corporal e os coeficientes de absorção aparente (biodisponibilidade) dos elementos cálcio (Ca), fósforo (P), magnésio (Mg), ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn) e cobre (Cu).

## **1.1 Revisão de literatura**

### **1.1.1 Minerais**

O termo mineral refere-se a substâncias homogêneas que ocorrem na natureza, no estado sólido, com uma composição química definida, uma estrutura interna na forma de arranjo geométrico organizado dos átomos que os constituem, de origem inorgânica e

natural(HOUAISS e VILLAR, 2009). São elementos químicos inorgânicos encontrados em todos os animais e plantas em quantidades variadas, que participam ativamente em inúmeras reações químicas e enzimáticas, bem como constituintes estruturais de órgãos e tecidos, estando presente também nos fluídos corporais (McDONALD et al., 2002; ARAUJO et al., 2008).

Os minerais fazem parte da classe de micronutrientes essenciais, e apesar de constituírem apenas 4% do peso corporal, exercem funções vitais no organismo com reflexos no desempenho animal. Deficiências de um ou mais elementos minerais podem resultar em distúrbios nutricionais sérios, levando o animal a desempenhos produtivo e reprodutivo aquém de seu potencial (McDOWELL, 1992; MIRANDA et al., 2006).

Segundo NRC (2007), 14 elementos são tidos como essenciais para ovinos, sendo sete classificados como macroelementos minerais, como sódio (Na), cloro (Cl), cálcio (Ca), fósforo (P), magnésio (Mg), potássio (K) e enxofre (S) enquanto outros sete, como microelementos, iodo (I), ferro (Fe), cobre (Cu), cobalto (Co), manganês (Mn), zinco (Zn) e selênio (Se). O requerimento mineral depende em essência da intensidade de produção.

Ao contrário de outros nutrientes, os minerais não podem ser sintetizados pelos seres vivos e, sua função mais evidente no corpo é dar suporte estrutural ao corpo (esqueleto). Nos fluidos corporais (líquido intra e extracelular) são encontradas pequenas frações de cálcio, magnésio e fósforo, e maiores concentrações de sódio, potássio e cloro atuando como eletrólitos. Alguns são classificados como extracelular (Na e Cl) enquanto outros como intracelular (K) nos tecidos corporais (órgãos, músculos). Segundo McDowell (1992) e Pedreira e Berchielli (2006), os eletrólitos presentes no sangue e no líquido da medula espinhal mantêm o equilíbrio ácido-base, o equilíbrio hídrico e a pressão osmótica. Os eletrólitos regulam a permeabilidade das membranas das células e exercem efeitos sobre a excitabilidade de músculos e nervos (por exemplo, no batimento cardíaco, através de contração e relaxamento).

De um modo geral, os minerais devem estar disponíveis na dieta em quantidades e proporções adequadas para atender às necessidades dos animais considerando a idade, raça, categoria ou situação fisiológica e sistema de produção adotado (BAIÃO et al., 2003).

#### **1.1.1.1 Macrominerais**

## Cálcio

O cálcio é um elemento químico, símbolo Ca, de número atômico 20 e massa atômica 40. É um metal da família dos alcalino-terrosos, pertencente ao grupo 2 da classificação periódica dos elementos químicos. O cálcio é o quinto elemento mais abundante na crosta terrestre (3,5% em massa), sendo encontrado principalmente como constituinte de rochas. É um dos nutrientes menos onerosos, e suas fontes incluem carbonato de cálcio, calcário, cloreto de cálcio e fosfato bicálcico. As leguminosas são particularmente ricas em cálcio e possuem alta proporção de Ca:P. Os grãos de cereais são deficientes em cálcio, porém ricos em fósforo (PEIXOTO, 2004; NRC, 2007).

É um dos minerais mais abundantes no corpo animal, representando cerca de 2% do peso vivo do animal. Destes, aproximadamente 98 a 99% estão presentes no esqueleto e nos dentes e o restante, no fluido extracelular e nos tecidos moles do organismo (NRC, 1996; 2007). Segundo Wang e Beede (1992), o cálcio presente no plasma, se encontra basicamente sob três formas: ionizado ( $\text{Ca}^{+2}$ ), complexado (citrato, lactato, bicarbonato e fosfato) e ligado à proteína (albuminas e globulinas).

O cálcio é importante para reações intracelulares, incluindo a contração muscular, a atividade celular nervosa, a liberação de hormônios por exocitose e a ativação de certas enzimas. Dentro das funções extracelulares do cálcio, citam-se a coagulação sanguínea, a manutenção e estabilidade de membranas celulares, bem como a manutenção e integridade estrutural de ossos e dentes (CUNNINGHAM, 1999).

O principal componente dos ossos é a hidroxiapatita ( $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ ), substância contendo 10 íons de Ca e formadora de um tecido dinâmico, submetido às ações dos osteoclastos (dissolventes) e osteoblastos (formadoras). A homeostase do cálcio nos animais envolve processos desde a absorção intestinal até a eliminação renal do cálcio. Nesse processo, inclui-se a participação de hormônios, como paratormônio (PTH) e calcitonina (CT), e, da vitamina D 1,25 dihidroxicolicalciferol ( $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$ ) (NRC, 2007).

Quando ocorre hipocalcemia, o PTH estimula a reabsorção óssea e contribui para o aumento das concentrações sanguíneas de cálcio, tendo efeitos diretos sobre os ossos e rins, e indiretos sobre a absorção intestinal. A reabsorção óssea (estimulada pelo PTH) resulta do aumento da atividade dos osteoclastos e da inibição da atividade dos osteoblastos, levando à liberação do cálcio no sangue, absorção intestinal e também reabsorção renal. Estes mecanismos juntos restabelecem a normocalcemia (MOTTA, 2009).

Qualquer diminuição no cálcio plasmático estimula a glândula paratireoide a secretar PTH, o que, dentro de minutos, aumenta a reabsorção renal de cálcio a partir do filtrado glomerular. Porém, se houver uma queda acentuada nos níveis de cálcio plasmático, a secreção de PTH se torna intensa, o que acarretará no estímulo à reabsorção óssea de cálcio e aumento da absorção pelo filtrado glomerular, assim como ativação da vitamina D nos rins, estimulará a síntese de calbindinas e consequente aumento da absorção intestinal do cálcio (HORST et al., 1983; DEL CLARO et al., 2002).

A calcitonina (CT) é outro hormônio envolvido na homeostase do cálcio. É produzida pelas glândulas tireoides e age em “feedback” negativo com o PTH. O efeito da calcitonina se dá principalmente no osso, diminuindo a reabsorção óssea através de um efeito inibitório sobre os osteoclastos. Também aumenta a excreção renal de cálcio e fosfato, sendo que o controle da secreção de CT é feito pelo Ca, que em concentrações séricas elevadas (hipercalcemia) estimulam o aumento da secreção de CT, inibindo a secreção de PTH (CUNNINGHAM, 1999).

A vitamina D é uma molécula obtida da dieta ou por fotólise do 7-desidrocolesterol, sintetizada a partir do acetato, pelas células epiteliais cutâneas (NELSON e COX, 2011). A exposição da pele aos raios ultravioletas resulta na separação das ligações C-9 e C-10 do 7-desidrocolesterol, formando a vitamina D, que é inativa. O fígado hidroxila a molécula no C25 e posteriormente o rim hidroxila a molécula no C1, dessa maneira, produzindo o composto ativo 1,25-diidroxicolecalciferol ( $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$ ) (CUNNINGHAM 1999). Este hormônio esteroide atua sinergicamente com o PTH para aumentar o cálcio plasmático através da estimulação da reabsorção óssea osteoclástica, aumentando a reabsorção tubular renal de cálcio (NELSON e COX 2011). Entretanto, segundo Cunningham (1999), a  $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$ , ou vitamina  $\text{D}_3$ , é mais importante pela sua habilidade de estimular o transporte do cálcio dietético através do epitélio intestinal. O estímulo na produção do PTH favorece a ativação da vitamina D, e consequentemente, a maior absorção intestinal de cálcio.

O cálcio também atua como uma das mais importantes moléculas de transdução de sinal, com função de segundo mensageiro em diversas respostas celulares, influenciando eventos como secreção, contração muscular, excitação, expressão gênica, divisão e proliferação celular, e apoptose. Estímulos hormonais ou neurais, por intermédio de receptores específicos, ativam enzimas citoplasmáticas, provocando a abertura dos canais de Ca, mobilizando  $\text{Ca}^{2+}$  para o citosol, tanto do retículo endoplasmático ou mitocôndria, como do meio extracelular. O aumento da concentração de  $\text{Ca}^{2+}$  citosólico inicia a resposta

celular(NELSON e COX, 2011). Além disso,também é essencial na reação de transformação da protrombina em trombina que juntamente com o fibrinogênio, são os responsáveis pela coagulação dosangue. Portanto, há uma relação entre cálcio e vitamina K (NRC, 2007), já que a vitamina K é responsável pela síntese de protrombina.

O cálcio é absorvido pelo intestino delgado por difusão passiva e por transporte ativo, sendo este último mais efetivo quando as concentrações de cálcio na dieta são mais baixas(GONZÁLEZ, 2000).O transporte ativo é saturável, estimulado pela vitamina D, regulado pela ingestão dietética e pelas necessidades do organismo. A vitamina D influencia o transporte ativo, aumentando a permeabilidade da membrana, regulando a migração de cálcio através das células intestinais e aumentando o nível de calbindina (proteína transportadora de Ca). Porém, quando a concentração de cálcio na dieta é elevada, ocorre absorção por difusão passiva, em função da saturação de cálcio, limitando o transporte ativo (BRONNER e PANSU, 1999; GONZÁLEZ, 2000).

A taxa de absorção de cálcio decresce com a idade, com alta ingestão de Ca, ou baixo consumo de vitamina D, além de ocorrer competição entre os minerais pelos sítios de absorção (sinergismo/antagonismo), podendo levar a desequilíbrios, ocasionando distúrbios metabólicos (MENDES et al., 2010). O cálcio quando combinado com ácido oxálico, forma oxalato de Ca, que é insolúvel, não disponibilizando o mineral (McDOWELL, 1992).

Os rins funcionam como via de excreção em altas concentrações plasmáticas, mas em normocalcemia a maior parte do cálcio livre que passa pelos rins é absorvida nos túbulos proximais e distais (CUNNINGHAM, 1999), sendo as perdas endógenas fecais constantes.Segundo Gionbielli et al. (2010) altos valores de cálcio aliados a baixos valores de fósforo provocam maior excreção urinária de cálcio, uma vez que, se não houver fósforo circulante suficientemente disponível para deposição óssea, o cálcio disponível, que seria depositado juntamente com o fósforo, se torna excedente e é excretado via urina. Porém, estes mesmos autores relataram que, caso os níveis de fósforo permaneçam adequados, variações nos níveis de cálcio não parecem influenciar as exigências de manutenção, tendo pouco efeito sobre excreção fecal de cálcio endógeno.

## **Fósforo**

Elemento não metálico pertencente ao Grupo V da tabela periódica, possui número atômico 15 e massa 30,98. O fósforo, em termos mundiais, está contido nas rochas de depósitos de origem sedimentares (formadas pelo acúmulo de partículas de areia e argila), ígneas (formadas pelo resfriamento do magma) e biogênicas. Porém, os depósitos biogênicos são concentrações orgânicas nitrogenadas, originadas pelos dejetos de aves, e se constituem de menor importância econômica (SOUZA e FONSECA, 2009). Na crosta terrestre, o fósforo está na forma de fosfato, especificamente na forma de ortofosfato. Todavia, no solo, não ocorre na forma livre, devido a sua grande capacidade de reagir com outros elementos (CARVALHO et al., 2003).

O fosfato inorgânico, que é utilizado na agricultura, na alimentação animal e na alimentação humana é extraído de uma rocha conhecida como apatita, que é um fosfato cristalino de cálcio com flúor. As fontes de fósforo, isto é, as jazidas, podem ser consideradas não renováveis, pois a velocidade de exploração é atualmente muito superior às suas taxas de retorno ao seu ciclo natural. Portanto, a fabricação de fertilizantes e fosfatos para a alimentação animal é de grande relevância para o futuro da humanidade (BUTOLLO, 2002).

Vários quesitos devem ser atendidos antes que uma fonte de fósforo possa ser recomendada para o uso na nutrição animal, dentre os quais se destacam: concentração de fósforo; absorção verdadeira; capacidade dessa fonte em suprir os requerimentos de fósforo dos animais de diferentes categorias e estágios fisiológicos; ausência de efeitos tóxicos (baixo flúor) para o animal; segurança alimentar para os consumidores da carne e subprodutos de origem animal, e ainda as relações custo/benefício satisfatórias (LOPESE TOMICH, 2001).

Quanto à origem, o fósforo pode ser orgânico ou inorgânico (mineral). Os de origem orgânica podem estar sob a forma de tecido vegetal ou animal. Nas plantas, o ortofosfato, com excelente valor biológico, é encontrado nas folhas e colmos, e o metafosfato, com baixa biodisponibilidade é encontrado nas sementes, e, por consequência, nos farelos. A baixa disponibilidade se deve ao fato de que o fósforo estaria na forma de fitina, que consiste primariamente nos sais de cálcio e magnésio do ácido fítico, que é um éster do ácido hexafosfórico (MARTIN, 1993).

Em ruminantes os fitatos ingeridos são hidrolisados normalmente no rúmen, por meio da enzima fitase, produzida pelas bactérias ruminais, sendo os demais fosfatos orgânicos,

dissolvidos pelo fluidoabomasal, além da ação de fosfatases no intestino delgado (MARTIM, 1993).

Nas fontes de origem animal, há o ortofosfatotricálcico, com alta disponibilidade, que é encontrado em farinhas de carnes, de peixes e de ossos, autoclavadas ou calcinadas (MARTIN, 1993; EPSTEIN e BLOOM, 2006). No entanto, quando se trata de farinhas que contenham proteínas de origem animal, estes não podem ser utilizados na alimentação de ruminantes, por razões de saúde pública (BRASIL, 2008).

Dos fosfatos de origem mineral, os mais tradicionais e utilizados devido à alta biodisponibilidade e estabilidade são os fosfatos bicálcico e monocálcico. No mercado internacional, as fontes de fósforo destinadas à alimentação animal (*feed grade*) devem apresentar relação fósforo/flúor de 100:1 (SOUZA e FONSECA, 2009). No Brasil, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) exige que as misturas minerais prontas para uso apresentem o máximo de 2.000 mg/kg de flúor (F) e uma relação mínima de P:F de 60:1 (BRASIL, 1997).

O fósforo é o segundo elemento mineral mais abundante no organismo animal, sendo que 80% dele estão contidos nos ossos e dentes. O fósforo é requerido para a formação e mineralização da matriz orgânica do osso (UNDERWOOD e SUTTLE, 1999). O fósforo encontra-se nos ossos sob a forma de hidroxiapatita [ $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ ], um mineral semelhante ao fosfato tricálcico ou sob a forma amorfa [ $\text{CO}_3(\text{PO}_4)_2$ ], sendo a primeira encontrada na maior parte em adultos e a segunda em animais jovens. Além de constituírem a estrutura de sustentação do corpo, os ossos são reservatórios de Ca e P os quais são mobilizados para manter níveis plasmáticos, quando fornecidos em níveis insuficientes na dieta (COTTA, 2001).

O controle hormonal da homeostase de P é secundário em relação ao do cálcio. Os níveis de Ca plasmático são severamente controlados devido a sua importância na atividade neuromuscular. Em contraste, a concentração de P no plasma pode variar consideravelmente sem que ocorra um efeito drástico no metabolismo ou na atividade neuromuscular (TERNOUTH, 1990).

Nos fluidos corporais e nos tecidos encontram-se distribuídos os 20% restantes do fósforo total do corpo (UNDERWOOD, 1981), sendo o fósforo um constituinte essencial dos tecidos e células, podendo estar na forma de fosfolípidios, lecitina, esfingomielina e cefalinas (COHEN, 1980).

Nos tecidos, o fósforo é particularmente importante no metabolismo energético, onde faz parte das ligações de alta energia, como fosfato ( $\text{PO}_4^-$ ). Ele ainda participa na geração de inúmeros compostos intermediários e coenzimas essenciais ao metabolismo dos carboidratos (absorção e utilização dos carboidratos), bem como nas reações de oxido-redução e outros processos intracelulares. Participa no metabolismo das proteínas e de outros elementos minerais. É constituinte dos ácidos nucleicos (DNA e RNA), que controlam a hereditariedade e o crescimento e, ao combinar-se com os lipídeos (fosfolipídios), o fósforo torna-se necessário para a absorção, movimentação, deposição e utilização das gorduras no organismo (BREVES e SCHRODER, 1991; GONZÁLEZ e SILVA, 2003).

O sangue é o compartimento central de reservas minerais prontamente metabolizáveis. Os elementos minerais, como no caso o fósforo, entram continuamente no sangue pelo trato digestivo, órgãos e tecidos, e são eliminados a uma determinada taxa metabólica, através dos órgãos de excreção (ANNENKOV, 1982). A fração plasmática possui apenas 6 mg P/dL em ovinos adultos e de 6-9 mg P/dL de sangue, em animais em crescimento (McDOWELL, 1992).

No rúmen ocorrem altas concentrações de fósforo que variam de 200 a 600 mg/L (WITT e OWES, 1983). Cerca de 50 a 70% do fósforo presente nesse órgão tem origem endógena, isto é, foi secretado pela saliva, sendo requerido pelos microrganismos ruminantes para digestão da celulose e síntese de proteína microbiana (VAN SOEST, 1994). As células microbianas contêm 20 a 60 g de P/kg de matéria seca (HUNGATE, 1966) presentes como ácidos nucleicos (80%) e fosfolipídios (10%). O fósforo microbiano contribui com uma proporção do elemento que chega ao intestino delgado, onde por ação da ribonuclease pancreática, ocorre a quebra do RNA microbiano e liberação do fósforo (BAYNARD, 1969; CONEGLIAN, 2006).

As glândulas salivares contribuem com aproximadamente 80% da secreção endógena de fósforo no trato gastrointestinal (AFRC, 1991) e tem importante função na manutenção da homeostase de fósforo em ruminantes. Em ovinos, a taxa de secreção diária do P salivar varia de 5 a 10 g/dia (SCOTT, 1988) e é influenciada pela quantidade, forma física da dieta e pelo teor de fósforo consumido (SCOTT et al., 1995). Este fósforo salivar tem duas importantes funções: atuar como tampão, mantendo o pH no rúmen (6,8 a 7,2), e participar da nutrição da microbiota do rúmen (COTTA, 2001).

A absorção do fósforo ocorre principalmente no intestino delgado superior, que possui pH suficientemente baixo, o que permite a formação de fosfato solúvel, na forma de

ortofosfato. Pela pequena extensão do duodeno o fosfato solúvel formado será absorvido em sua maior parte no jejuno. A quantidade absorvida depende da relação Ca:P, pH intestinal, níveis dietéticos de cálcio, magnésio, vitamina D, manganês, potássio, ferro, alumínio e gordura (NRC, 1985; BREVES e SCHRODER, 1991)

No processo de absorção do fósforo existe a necessidade de um equilíbrio entre os íons Ca e P no trato intestinal, para que se processe a absorção normal, equilíbrio que se convencionou chamar de relação cálcio-fósforo e que em termos de peso se situa entre 2:1 (VITTI et al., 2000) e proporção molar de 1,67:1.

Enquanto a absorção aumenta numa relação direta com o consumo, a eficiência de absorção decresce nos altos níveis de ingestão de fósforo. Assim, verifica-se que há uma relação inversa entre o consumo de fósforo e o coeficiente de absorção (CHALLA et al., 1989). Com a suplementação, o fluxo de fósforo no duodeno aumenta, levando a maior absorção intestinal. Entretanto, a eficiência líquida pode ser menor, devido a maior excreção pelas fezes (CHALLA e BRAITHWAITE, 1988).

Em pesquisas com bovinos suplementados com diferentes fontes de fósforo, Silva Filho et al. (1992) obtiveram valores de P total excretado nas fezes pelos animais correspondendo a mais de 50% do total de fósforo consumido. As perdas endógenas variam de 0,6 g de P/dia para um animal de 50 kg de peso até 14 g/dia para animais de 500 kg.

Dietas com elevados níveis de cálcio e/ou fósforo diminuem a eficiência na utilização de outros minerais, como exemplo, o magnésio, e este excesso ocasiona alterações no consumo, podendo levar a distúrbios ósseos, reduzindo o desempenho do animal (CARVALHO et al., 2003).

Em condições onde o fósforo é adequado, dependendo da idade e produção do animal, o nível máximo de cálcio é de 2% na matéria seca da dieta para bovinos e ovinos. Para o fósforo, o nível máximo aceitável é de 0,6% para ovinos e 1,5% para bovinos. A vitamina D é importante para homeostase do fósforo e também do cálcio, garantindo níveis sanguíneos normais destes elementos, e por isso, em doses elevadas, a vitamina D pode causar sérias perturbações ao metabolismo do fósforo e também do cálcio (GONZALES, 2000; CARVALHO et al., 2003).

Dos animais explorados com finalidade econômica, os mais suscetíveis de carência de fósforo são os ruminantes, pelo seu tipo de alimentação, baseada em forragens verdes, naturalmente pobres em fósforo. O problema pode ser agravado quando há presença de

alumínio e ferro nos solos, que tornam o fósforo indisponível para as plantas, pela formação de complexos (SOUTELLO et al., 2003).

Nicodemo et al. (2000) relataram que a disponibilidade total do fósforo para a flora microbiana do rúmen é influenciada pela capacidade de solubilidade do mesmo, sendo importante como medida da eficiência da digestão. O fósforo é necessário para a digestão da celulose no rúmen, e segundo os mesmos autores, em dietas deficientes desse elemento há decréscimo na fermentação microbiana, podendo ocasionar anorexia.

No solo, os íons fosfato facilmente formam compostos com outros minerais. Em pH ácido, o fosfato liga-se aos óxidos de ferro (Fe), alumínio (Al) e manganês (Mn) formando precipitados insolúveis, e com pH alto, o fosfato liga-se com o cálcio (Ca), tornando-se praticamente indisponível (BARNES et al., 2007).

As fezes são a principal rota de excreção de fósforo em ruminantes. Existe relação linear positiva entre o fósforo consumido e o fósforo total excretado (BRAVO et al., 2003). O excesso desse mineral excretado pelas fezes pode contaminar os meios aquáticos pela lixiviação, uma vez que é um dos nutrientes mais poluentes do ambiente, principalmente em criações intensivas e limitadas a pequenos espaços (TAMMINGA, 2003). Águas contaminadas com fósforo podem levar a eutrofização, acelerando o crescimento de algas, reduzindo o nível de oxigênio dissolvido e contribuindo para a diminuição da qualidade, além de aumentar os custos com a despoluição (SHARPLEY et al., 2000)

As pesquisas realizadas para a adequação dos teores deste mineral nas dietas têm sido direcionadas principalmente para a redução de sua excreção para o ambiente (KLOPFENSTEIN et al., 2002; MJOUN et al., 2008). Wu et al. (2000) e Wu (2003) sugeriram que a redução de 20% do fósforo dietético não afeta o desempenho dos animais e reduz 25 a 30% do fósforo eliminado pelas fezes.

Dias et al. (2011), trabalhando com ovinos em crescimento, observaram que o excesso de fósforo na dieta aumentou a concentração de P no plasma, o que afeta os destinos de P no corpo do animal, aumentando a excreção fecal e urinária e diminuindo a retenção líquida de P no osso. Como resultado, os autores observaram que a suplementação excessiva de P representa um custo desnecessário e um dano potencial ao ambiente, devido ao aumento da excreção de P, que não foi absorvido, e também de elevadas perdas de P endógeno.

## Magnésio

O magnésio é um elemento químico de símbolo Mg, número atômico 12, com massa atômica 24. É um metal alcalino-terroso, pertencente ao grupo 2 da tabela periódica. É o sétimo elemento mais abundante na crosta terrestre, onde constitui cerca de 2% da sua massa. Não é encontrado livre na natureza, porém entra na composição de mais de 60 minerais, sendo os mais importantes industrialmente, os depósitos de Dolomita e Magnesita (ALVES, 2008).

O magnésio é abundante na maioria dos alimentos, tendo como principais fontes as sementes de oleaginosas, as leguminosas e os cereais integrais. A deficiência de magnésio causa uma doença denominada tetania das pastagens e é mais comum em ovelhas recém-paridas no início da estação das águas, quando a exigência em magnésio é maior e a disponibilidade pelas plantas é menor (SUTLLE, 2010).

A maior parte do magnésio no organismo encontra-se nos ossos (70%) e o restante dentro das células (29%) e no fluido extracelular (1%). A susceptibilidade dos ruminantes à deficiência de magnésio acentua-se à medida que os animais avançam em idade, devido a uma dificuldade progressiva em mobilizar o mineral do esqueleto, e a uma redução da capacidade de absorção intestinal do elemento (UNDERWOOD, 1981).

O Mg é o segundo cátion mais abundante (depois do potássio) no fluido extracelular (sangue e fluido intestinal). Os ossos contêm cerca de 2 g de Mg por kg de material fresco e a relação Ca:Mg é 55:1, enquanto os músculos contêm 190 mg de Mg/kg (McDowell, 1992). Seus íons desempenham papéis de importância na atividade de muitas coenzimas e, em reações que dependem da ATP. Também exerce um papel estrutural, com função estabilizadora para a estrutura de cadeias de DNA e RNA (AMORIM e TAPEGUI, 2008).

O magnésio é ativador de sistemas enzimáticos que controlam o metabolismo de carboidratos, lipídeos, proteínas e eletrólitos; influencia a integridade e transporte da membrana celular; media as contrações musculares e transmissões de impulsos nervosos e é cofator da fosforilação oxidativa. É indispensável para fixação de cálcio nos ossos, podendo causar ou agravar quadros de hipocalcemia no adulto e dificultar a calcificação corretados ossos em animais novos (CAVALHEIRO e TRINDADE, 1992; McDOWELL, 1999).

Cerca de metade do magnésio (55%) no plasma é livre, e sofre influência do PTH e pH. Aproximadamente um terço está ligado à albumina (30%) e o restante está ligado à citrato (14%), fosfato ou outros íons, sendo que no interior das células, encontra-se associado aos

microsomas, funcionando como catalizador de muitas enzimas, facilitando à união do substrato a enzima (NASCIMENTO et al., 2003; SUTTLE, 2010).

O magnésio é absorvido no intestino por meio de um sistema de transporte ativo que pode ser influenciado pela relação Na:K, pela quantidade de energia, e pela quantidade de cálcio e fósforo presentes no alimento (McDOWELL, 1992; GONZÁLES, 2000).

Um excesso de potássio pode inibir a absorção de magnésio, devido ao decréscimo do transporte ativo do magnésio pela parede do rúmen, em resposta ao aumento da concentração de potássio no interior do mesmo, podendo levar a hipomagnesemia (SUTTLE, 2010), configurada quando os níveis de magnésio estão abaixo de 1,75 mg/dL, com aparecimento de sintomas clínicos em níveis menores de 1,0 mg/dL (níveis normais entre 2 e 3 mg/dL) (GONZÁLEZ, 2000).

Nas situações nas quais a ingestão é adequada, os estoques de magnésio parecem ser mobilizados conforme demandas específicas dos sistemas corporais, ou seja, o magnésio transita lentamente entre os compartimentos ósseos, muscular e eritrocitário e apresenta rápida aparição no coração, no fígado, no intestino, na pele e em outros tecidos conjuntivos. Já nos casos de deficiência, os compartimentos de troca lenta (ossos e músculos) devem suprir os órgãos vitais, como coração e fígado (AMORIM e TAPEGUI, 2008).

Em ruminantes, também ocorre absorção reticuloruminal, sendo este o principal sítio de absorção do magnésio no ruminante adulto, portanto, condições no rúmen, como, por exemplo, alto pH, que afeta adversamente a absorção deste mineral, aumentarão o seu requerimento (McDOWELL, 1999).

A eficiência de absorção do magnésio é da ordem de 35 a 40%, sendo influenciada, entre outros fatores, pela quantidade de magnésio da dieta, composição da dieta, tempo de trânsito intestinal e quantidade de água consumida. O aumento da ingestão calórica promove o aumento da absorção do mineral no intestino, já que o mecanismo pelo qual o magnésio é absorvido é dependente de energia. O paratormônio (PTH) pode ou não favorecer a absorção do magnésio, dependendo da quantidade de íons cálcio e de fósforo presentes no organismo. Altos níveis de P e Ca na dieta afetam a absorção de Mg. Dietas com baixos teores em proteína retardará a absorção do magnésio (NASCIMENTO et al., 2003; ALMEIDA e CARDOSO, 2006).

A excreção de magnésio é feita pela urina e fezes, sendo o Mg endógeno através da bile, saliva, suco gástrico, secreções pancreática e intestinal e descamação intestinal. A excreção fecal varia de acordo com a ingestão do mineral (McDOWELL, 1992).

## Sódio

Sódio é um elemento químico de símbolo Na, pertencente ao grupo dos metais alcalinos da tabela periódica, de número atômico 11 e peso 22,99. Em estado livre, é um metal prateado e branco, mais leve que a água. É o sexto elemento em abundância na natureza e constitui 2,8% da crosta terrestre. É encontrado em combinação com outros elementos, formando numerosos compostos naturais, como o sal comum (cloreto de sódio – NaCl)(ALVES, 2008).

A combinação de Na e Cl como sal é amplamente distribuída na natureza, não apenas nos oceanos e águas salinas, mas também em depósitos de rochas. Esta combinação é conhecida desde antiguidade por fazer parte da dieta de animais e humanos. Os primeiros registros históricos relatam o sal como um importante item do tráfego comercial, assim com especiarias e vestuários (McDOWELL, 1992; CHEMELLO, 2005).

O sódio é o principal controlador do consumo das misturas minerais. Os ruminantes têm apetite específico pelo sódio e, em teoria, vão ingerir sódio até atender suas necessidades desse elemento. Por essa característica, o sódio é usado em misturas mineralizadas como veículo para o consumo de outros minerais essenciais. A forma mais comum de suplementar o sódio é por meio do cloreto de sódio, o sal comum (MORAES, 2001a).

As concentrações de sódio nas forrageiras costumam ser muito baixas (uma exceção é a humidícola - *Urochloahumidicola*) e geralmente suplementa-se 100% do sódio necessário na dieta. A água pode ser uma fonte importante de sódio para ruminantes (como nas baías salinas do Pantanal Matogrossense), e nesse caso, o sódio suplementado pela mistura mineral deve ser reduzido. As altas concentrações de potássio, que muitas vezes ocorrem nas forrageiras tropicais, podem agravar o problema de carência de sódio por promover a excreção deste pela urina (MORAES, 2001b).

Os sintomas de deficiência de sódio são inespecíficos e incluem redução no consumo de alimento, na taxa de crescimento e na produção de leite, além de ser muito comum a ocorrência de apetite depravado (pica). Deficiências leves de sódio normalmente não são detectadas no plasma. A recomendação é medir a relação sódio: potássio na saliva, e quando esta relação for inferior a 4:1, pode-se afirmar que a deficiência de sódio já existe (NRC 2007).

O corpo animal contém aproximadamente 0,2% de Na. Parte deste montante está localizada no esqueleto de uma forma insolúvel, mas, de longe a maior proporção é

encontrada nos fluidos extracelulares, onde é submetido a um metabolismo muito ativo. O sódio atua na manutenção do balanço dos fluidos corporais na regulação da pressão osmótica e no balanço ácido básico (McDOWELL, 1992).

Possui efeito na manutenção da atividade do músculo cardíaco, desde que esteja em equilíbrio com o potássio e tem também uma participação ativa no processo de excitação dos nervos e músculos (SPEARS, 1998). Suas atividades na flora microbiana, juntamente com o potássio, na forma de bicarbonato, produzem um meio tamponante que auxilia no transporte dos ácidos graxos através do epitélio ruminal (VAN SOEST, 1994).

Uma parte das diversas formas de sistemas de transporte do sódio, são como bomba de Na/K, antiporter Na-H, co-transportador de Na-HCO<sub>3</sub>-Cl, co-transportador de Na-K-Cl, troca de Na-Ca e canais de Na<sup>+</sup>. Estes sistemas são importantes para absorção do cloro, aminoácidos, glicose e água pelos tecidos (NRC, 2007).

O sódio é absorvido no rúmen, omaso e intestino, com coeficiente de absorção aparente de 91%, sendo transportado para os rins, onde é filtrado e retorna ao sangue para manter níveis adequados. A quantidade absorvida é proporcional à consumida (ARC, 1980). Em animais, cerca de 80% do Na e Cl que entram no trato gastrointestinal surgem a partir de secreções internas, tais como a saliva, fluidos gástricos, bile e suco pancreático (NRC, 2007).

Cerca de 90% a 95% da perda normal de sódio do corpo é feita via urina, sendo o restante perdido nas fezes e suor. Normalmente, a quantidade de sódio excretada diariamente é igual à quantidade ingerida (McDOWELL, 1992).

## **Potássio**

O potássio é um elemento químico do grupo dos metais alcalinos que pertence ao quarto grupo da tabela periódica. Possui número atômico 19 e peso 39,1. O potássio junto com o sódio constitui cerca de 4% do peso da crosta terrestre (ALVES, 2008).

A concentração de K no solo é maior do que a concentração de Na e Cl, que geralmente são lixiviados dos solos. Fontes de potássio tais como cloreto de potássio, carbonato de potássio, sulfato de potássio, acetato de potássio, bicarbonato de potássio, fosfato de potássio dibásico e fosfato de potássio monohidratado são prontamente

disponíveis (NRC, 2001). Forragens de boa qualidade e melaço podem ser incluídas nas dietas como fontes de potássio (NRC, 2007).

A maioria dos alimentos apresenta concentrações adequadas deste mineral. A deficiência de potássio é difícil de acontecer e de ser avaliada em ruminantes sob pastejo. A degradação contínua das pastagens pode favorecer a redução na disponibilidade deste elemento para os animais, possibilitando o aparecimento da deficiência. Quando as pastagens estão maduras, principalmente em áreas de capim-humidícola, a concentração de K reduz-se a níveis deficientes (NRC, 1996; McDOWELL, 1999).

A deficiência de potássio também pode ocorrer em dietas com alta inclusão de concentrado, ricas em grãos de cereais. Os sinais clínicos da deficiência de potássio são redução na ingestão de alimento e na taxa de crescimento, edemaciação e paralisia muscular. Situações de muito estresse, bem como diarreias, podem aumentar os requisitos de K (NRC, 1996; GONZALEZ, 2000).

Nos ruminantes, o K é o cátion presente em maior quantidade no suor, devido à alta relação K:Na em sua dieta natural (forragem). As perdas aumentam com o aumento da temperatura ambiental (UNDERWOOD e SUTLLE, 1999). Em virtude de não haver estoque de K no corpo, o mesmo deve ser fornecido diariamente na dieta, mas sob condições naturais, as dietas contêm quantidades adequadas de K (NRC, 2007).

Depois do Ca e P, o K é o terceiro mineral mais abundante no corpo animal, representando 0,3% da matéria seca corporal, com dois terços localizados na pele e músculo. Em contraste com Na, o principal eletrólito no plasma e fluidos extracelulares, o K é o principal cátion intracelular e sua maior função está na manutenção do potencial de membrana. Junto ao cálcio, é importante na regulação da atividade neuromuscular. Também promove crescimento celular. O conteúdo de potássio no músculo está relacionado à massa muscular e armazenamento de glicogênio (GONZALEZ, 2000; GONÇALVES et al., 2009).

As principais funções do potássio são: regular o balanço osmótico da célula; no equilíbrio ácido-básico, atuar como uma base disponível para neutralizar ácidos; atuar como um íon que contribui para as funções celulares e a excitabilidade nervosa, sendo, portanto, um elemento de suma importância na regulação do batimento cardíaco, na prevenção da tetania muscular e nos estados de convulsão cerebral; manter o balanço de água no organismo; ativar os diversos sistemas enzimáticos, incluindo aqueles envolvidos na transferência e utilização da energia, síntese de proteína e metabolismo dos carboidratos (ARAÚJO et al, 2010).

A manutenção do equilíbrio acidobásico do meio interno tem grande importância fisiológica e bioquímica, podendo influenciar o crescimento, apetite, desenvolvimento ósseo, resposta ao estresse térmico e metabolismo de certos nutrientes como aminoácidos, minerais e vitaminas. Em condições normais, a utilização dos alimentos leva a uma produção contínua de metabólitos ácidos e básicos, que devem ser metabolizados e/ou excretados para que a constância do pH seja mantida, pois pequenas variações na concentração do íon hidrogênio (mudanças de pH) em relação ao valor normal podem causar mudanças acentuadas na velocidade dos processos orgânicos vitais. Portanto o balanço entre ácidos e bases é influenciado pela concentração de ânions e cátions da dieta (FREITAS et al., 2010; DiBARTOLA, 2012).

Ânions são substâncias com carga elétrica negativa e cátions com carga elétrica positiva. O efeito do somatório final das cargas ingeridas na alimentação define o equilíbrio do organismo, o qual utilizará sistemas tampões para sua manutenção. A troca catiônica realizada pelas células é um recurso que pode auxiliar o tamponamento dos meios intra e extracelular. Este processo é realizado pela membrana celular, constituindo-se no movimento de íons  $H^+$  através da membrana na troca por  $K^+$  e  $Na^+$  (GOMIDE et al., 2004; FREITAS et al., 2010).

Assim, animais que recebem alimentação com alto teor de cátions, como o sódio, cálcio e principalmente potássio, irão contrabalancear esse excesso de cargas positivas com aumento de bicarbonato circulante, o que tornará o ambiente orgânico alcalino. As alterações de pH interferem com os diversos mecanismos fisiológicos, dentre eles a ação do paratormônio (PTH), que fica impossibilitado de elevar a absorção intestinal de cálcio, bem como mobilizá-lo do tecido ósseo (GOMIDE et al., 2004).

O potássio é prontamente absorvido no intestino delgado, por difusão simples. Nos ruminantes, também ocorre absorção no rúmen e omaso (NRC, 2007). Por causa do grande volume salivar, uma quantidade significativa de K no rúmen é derivada da saliva (VAN SOEST, 1994).

A excreção de potássio é influenciada por fatores hormonais (aldosterona, hormônio antidiurético - ADH e desoxicorticosterona), equilíbrio ácido-base e balanço de cátions. A taxa de excreção de potássio pela urina é variável, estando ligada à concentração plasmática de sódio e ao estado de hidratação do animal, sendo que as perdas podem ser causadas por um aumento no consumo de água, já que o gradiente osmótico favorece o movimento de água do

fluido intracelular para urina, podendo carrear o potássio. O aumento na ingestão de potássio resulta em maior perda urinária. (RIELLA e PACHALY, 2003; ARAUJO et al., 2010).

### 1.1.1.2 Microminerais

#### Ferro

O ferro é um elemento químico, de símbolo Fe, número atômico 26 e massa atômica 56. Este metal de transição é encontrado no grupo 8 da classificação periódica dos elementos. É o quarto elemento mais abundante da crosta terrestre. À temperatura ambiente, o ferro encontra-se no estado sólido (ALVES, 2008).

É encontrado na natureza fazendo parte da composição de diversos minerais, entre eles muitos óxidos, como o FeO (óxido de ferro II, ou óxido ferroso) ou como Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (óxido de ferro III, ou óxido férrico). Suplementos inorgânicos de ferro variam pouco em disponibilidade para o animal. Sulfato ferroso e citrato de ferro são mais disponíveis do que óxido férrico. O óxido férrico é uma fonte pobre e talvez interfira com a absorção de cobre (NRC, 2007).

O conteúdo de ferro nos alimentos depende da espécie de planta, tipo de solo e seu grau de contaminação. Solos com pH ácido favorece a absorção de ferro pelas raízes, particularmente de latossolos vermelhos distróficos. Nesta situação, as forragens podem conter de 300-2500 mg Fe/kg MS. A deficiência de ferro não é comum em animais em pastejo devido ao alto teor de ferro nas forrageiras. Entretanto, animais mantidos confinados e alimentados com concentrado de misturas de grãos e dieta à base de leite contendo limitado ferro podem desenvolver sua deficiência. Altas cargas parasitárias ou hemorragias também podem levar a deficiência de ferro. Farelos de sementes oleaginosas são mais ricos em ferro do que grãos de cereais (TOKARNIA et al., 2000).

Em termos de pesquisa, é possível que o ferro deva ser um motivo mais de preocupação em relação ao seu potencial tóxico que de deficiência. O principal efeito deletério do excesso de ferro seria a formação de complexo insolúvel com o fósforo no rúmen, e a formação da hemosiderina no fígado e baço em dietas deficientes de Cu. Normalmente é também um elemento contaminante dos ingredientes da mistura mineral (MORAES, 2001b).

O ferro é o elemento traço mais abundante do corpo, sendo que aproximadamente 60% compõem a hemoglobina, 4% a mioglobina, e cerca de 30% são armazenados no fígado, baço e medula óssea. A hemoglobina é necessária para transporte de oxigênio e de dióxido de carbono dos tecidos e pulmões, sendo este o composto de eleição para diagnóstico da deficiência de ferro (GUYTON e HALL, 2006; NRC, 2007).

O ferro está envolvido no metabolismo energético sendo integrante da enzima desidrogenase succinato, que transforma succinato em fumarato no ciclo de Krebs. Atua no transporte de elétrons, compondo o grupo heme dos citocromos. É componente de enzimas transportadoras de elétrons (citocromos), caracterizadas pela presença do grupo heme (ferro-protoporfirina). O Fe está contido nas peroxidases que removem oxidantes, auxiliando na resistência a doenças (GERMANO e CANNIATTI-BRAZACA, 2002; NRC, 2007).

Há diferentes proteínas que contêm uma ligação com um átomo de ferro, como exemplos: a) hemoglobina e a mioglobina. A primeira transporta oxigênio, e a segunda o armazena; b) citocromos, envolvidos no transporte de elétrons; c) peroxidases e catalases, que catalisam a oxidação de peróxidos ( $H_2O_2$ ), que são tóxicos; d) proteínas de ferro/enxofre (Fe/S) que participam em processos de transferência de elétrons (GUYTON e HALL, 2006).

Também é possível encontrar proteínas onde os átomos de ferro se ligam entre si através de pontes de oxigênio. São denominadas proteínas Fe-O-Fe, chamadas monoxigenases, para catalisar a oxidação do metano, como no caso das bactérias metanogênicas, que usam o metano ( $CH_4$ ) como fonte de energia e de carbono (MAHAN e MYERS, 2002).

Tanto o excesso como a deficiência de ferro podem causar problemas no organismo. O excesso de ferro é chamado de hemocromatose, enquanto que a sua deficiência é conhecida como anemia. Quimicamente, o ferro é um elemento altamente reativo que pode interagir com o oxigênio para formar intermediários com o potencial de danificar membranas celulares ou degradar o DNA (GROTTO, 2008).

O status de ferro no corpo é controlado pela absorção principalmente no duodeno. A absorção de ferro depende da necessidade do animal e é maior em dietas deficientes em ferro. A absorção pode cair de 60 para 9% em dietas contendo de 8 para 1.270 mg de Fe/kg (NRC, 2007). A forma ferrosa ( $Fe^{2+}$ ) é mais absorvida (no duodeno) que a forma férrica ( $Fe^{3+}$ ), que é insolúvel. Íons ferrosos se ligam aos receptores dos enterócitos, penetram na célula e são oxidados novamente ao estado férrico, que se liga a apoferritina, que é uma proteína com função de armazenar ferro. Como os enterócitos são renovados e descamados a cada cinco

dias, o ferro ligado à apoferritina pode ser perdido no lúmen intestinal, o que diminui a eficiência de absorção. (NRC, 2007; GROTTTO, 2008).

O ferro do organismo é continuamente reciclado através de um eficiente sistema de reutilização desse metal, e praticamente não há perda no corpo, exceto em caso de hemorragia. O Fe é liberado da hemoglobina durante a quebra do eritrócito, sendo carregado para o fígado e secretado na bile. A maior parte do Fe biliar é reabsorvida e usada novamente para síntese de hemoglobina (GERMANO e CANIATTI-BRAZACA, 2002; GROTTTO, 2008), o que justifica a baixa absorção intestinal.

A excreção de ferro é limitada e controlada pela absorção. O Fe é excretado pelas fezes e urina, além de perdas através do suor, pelos e cascos. A maior parte do Fe presente nas fezes é de origem alimentar não absorvido; provavelmente menos de 3% seja excreção real de Fe. Em média, 10 a 15% do ferro ingerido são absorvidos (NRC, 2007; GROTTTO, 2008).

## **Manganês**

O manganês é um elemento químico, símbolo Mn, número atômico 25 e massa atômica 55, sendo sólido em temperatura ambiente. Situa-se no grupo 7 da classificação periódica dos elementos. É o 12º elemento mais abundante da crosta terrestre e seus principais minérios são a pirolusita e a rodocrosita. As maiores jazidas estão localizadas na África do Sul, Brasil, Ucrânia, Austrália, Índia, China e Gabão. No território brasileiro os estados do Pará, Minas Gerais e Mato Grosso do Sul são as principais regiões de mineração (ALVES, 2008; QUARESMA, 2009).

As principais fontes de manganês da dieta incluem cereais, sementes e gramíneas. Os sais de Mn são de baixo custo e podem ser fornecidos nas formas de cloreto, sulfato, carbonato e dióxido de Mn. A deficiência de manganês é pouco provável em ruminantes sob pastejo, pois as forrageiras contêm quantidades adequadas que suprem as exigências dos animais. Por outro lado, pastos formados em áreas que eram originalmente de florestas podem apresentar teores deficientes de manganês. A disponibilidade do Mn é maior em solos cujo pH está abaixo de 6,0, como nas regiões de cerrados (GONZALEZ, 2000; MORAES, 2001a).

Os sintomas da deficiência desse elemento incluem anomalias no esqueleto de animais jovens e recém-nascidos, transtornos na reprodução, retardamento do cio e consequente baixa taxa de concepção (UNDERWOOD, 1981; GONZALEZ, 2000).

O manganês atua em numerosas enzimas, necessárias em diversos processos biológicos, incluindo os metabolismos de carboidratos, de lipídios e ósseo, na reprodução e coagulação sanguínea. Juntamente com o zinco, o cobre e o selênio faz parte de metaloenzimas (arginase, piruvato carboxilase, Mn-superóxido desmutase), fundamentais para o desempenho normal dos neutrófilos e macrófagos, atuando no sistema imunológico e também participando da funcionalidade e manutenção da estrutura celular (integridade da membrana celular), protegendo as células de danos peroxidativos (CARVALHO et al., 2003; NRC, 2007).

Em situações extremas ou em caso de deficiência de Mn, essas enzimas podem se ligar ao magnésio em substituição do manganês. A enzima piruvato carboxilase está envolvida no metabolismo de glicose e lipídios de ruminantes e não ruminantes. Dietas deficientes em manganês resultam em redução na deposição de gorduras e espessura de gordura, porém podem melhorar a absorção de cobre pelo efeito antagônico entre estes elementos. Aumentos da ingestão de cobre reduziu a espessura de gordura em caprinos assim como em bovinos de corte (NRC, 2007), provavelmente pela diminuição da disponibilidade do Mn, pois o Cu também compete no mesmo sítio de absorção intestinal.

No metabolismo ósseo, o manganês participa da síntese de mucopolissacarídeos existentes na matriz orgânica óssea, e quando ocorre deficiência do mineral, a estrutura normal dos ossos é alterada, com formação de ossos frágeis e menores (CARVALHO et al., 2003).

Na reprodução, principalmente de fêmeas bovinas, o manganês participa do incremento da mitose das células ovarianas da granulosa e células foliculares (na foliculogênese) e das células luteínicas que formam o corpo lúteo, levando ao controle do nível de estrógeno e progesterona no sangue. Também está envolvido no metabolismo de lipídios, pela biossíntese de colesterol e colina, assim como no metabolismo de carboidratos, participando da síntese e atividade do hormônio insulina no pâncreas no processo de coagulação sanguínea, na síntese de protrombinas, influenciando no metabolismo da vitamina K (CARVALHO et al., 2003; SUTLLE, 2010).

O fígado é o órgão aparentemente ligado à estocagem do manganês, e, em níveis mais elevados é possível encontrá-lo conjugado aos sais biliares (GONZALES, 2000). Porém, o NRC (2007) considera que não há estoques deste mineral no organismo, e seu acúmulo nos tecidos e fígado está em proporção direta com o consumo.

No sangue, o manganês encontra-se principalmente nos eritrócitos, sendo transportado pela transferrina (GONZALEZ, 2000). A distribuição do manganês é grande nos

tecidos e líquidos do organismo, principalmente onde a atividade das mitocôndrias é maior. Em estudo com cordeiros da raça Merino, o Mn foi encontrado principalmente na lã (41%) e no trato digestivo vazio, bexiga, órgãos internos, pele, cabeça e patas (40%), enquanto a proporção nos ossos foi comparativamente de 18% (BELLOF e PALLAUF, 2007).

A concentração de manganês no organismo é muito baixa, aproximadamente 0,5 mg/kg de MS de carcaça em ovinos, sendo regulada pela absorção. O manganês é pouco absorvido pelos ruminantes (1% ou menos). A absorção pode ser diminuída por níveis elevados de cálcio e fósforo. Quando a concentração de manganês na dieta aumenta, ocorre maior excreção fecal (98%). O acúmulo de manganês no fígado e em outros tecidos é proporcional ao manganês da dieta (SPEARS, 2003). Os fatores dietéticos que podem influenciar na biodisponibilidade do manganês têm recebido pouca atenção, provavelmente porque a deficiência de manganês não é considerada um grave problema na nutrição de ruminantes (GONZALES, 2000; SPEARS, 2003).

## **Zinco**

O zinco é um elemento químico de símbolo Zn, número atômico 30 com massa atômica de 65,4. À temperatura ambiente, o zinco encontra-se no estado sólido. Está situado no grupo 12 (2 B) da classificação periódica dos elementos. Apresenta semelhanças com o magnésio e o berílio além dos metais do seu grupo. Este elemento é pouco abundante na crosta terrestre, porém pode ser obtido com facilidade, devido sua fácil oxidação, encontrado em rochas vulcânicas e sedimentares de composição carbonática (ALVES, 2008).

A concentração de zinco situa-se entre 25-50 mgZn/kg MS para muitas plantas forrageiras, 13-25mg/kg para feno e 12-45 mg/kg para silagem de milho. Grãos de cereais contêm 30-40 mg/kg MS com alta quantidade concentrada na camada externa. Fontes proteicas têm altas concentrações variando de 50-70mg/kg MS em ingredientes vegetais e de 80-120 mg/kg em animais (NRC, 2007).

É um elemento muito importante nos processos de resposta imunológica celular e humoral, disfunções endócrinas e situação de estresse. Deficiência de zinco em animais em pastejo dificilmente se manifesta de uma forma clara, com sintomatologia clínica bem definida. Deficiências subclínicas são comuns. Vacas e bezerros de até um ano de idade pertencem à categoria animal predisposta a esta deficiência. Os sintomas de deficiência

incluem anorexia, desordens ósseas e reprodutivas, queda na resposta imune e anormalidades na pele e na lã (GRAHAM, 1991;NRC, 2007).

A carência de zinco incide a princípio no bloqueio da síntese de proteínas; em consequência há redução do apetite, redução na imunocompetência (baixa resistência às infecções), dificuldade de cicatrização das lesões cutâneas, paraqueratose e infertilidade. Nos machos, diminui a espermatogênese e o crescimento testicular. Nas fêmeas, pode alterar todas as fases do processo reprodutivo, desde o estro ao parto e lactação (GRAHAM, 1991; McDOWELL, 1992).

O zinco é um elemento químico essencial à vida: intervém no metabolismo de proteínas e ácidos nucleicos, estimula a atividade de mais de 100 enzimas, colabora no bom funcionamento do sistema imunológico, é necessário para cicatrização dos ferimentos, intervém nas percepções do sabor e olfato e na síntese do DNA. Está envolvido em numerosas metaloenzimas e associado com a síntese de vitamina A, transporte de CO<sub>2</sub>, metabolismo de proteína, degradação das fibrilas de colágenos, metabolismo de carboidratos, destruição de radicais livres, estabilidade da membrana eritrocítica e metabolismo dos ácidos graxos essenciais (UNDERWOOD e SUTTLE, 1999; PECHOVA et al., 2006).

Talvez o mais importante sejam suas funções na expressão gênica e no apetite. O zinco, junto com a cisteína e histidina, criam domínios de “dedos de zinco” em proteínas de ligação do DNA que influencia a transcrição e replicação celular. O zinco pode estar envolvido na expressão gênica da colecistoquinina (hormônio regulador do apetite) no intestino, que claramente associa a deficiência de zinco à anorexia. Zinco, como parte da timosina, regula a imunidade mediada por células (BERG, 1990; SUTTLE, 2010).

A concentração plasmática de zinco varia de 0,8 – 1,2 mg de Zn/L em ovinos. A lã é rica em zinco e o local onde se encontra as maiores concentrações deste elemento é no corrente sanguíneo, 80% do zinco está nos eritrócitos, principalmente na constituição da anidrase carbônica (NRC, 2007).

Em geral, a absorção de zinco se faz principalmente no intestino delgado, é da ordem de 60 – 70%, através de difusão passiva, que predomina quando há altas concentrações luminiais de zinco ou da mediação por carreadores localizados na borda “em escova” do enterócito, atuante para baixas concentrações luminiais de zinco. O zinco é transportado no plasma pela albumina e metalotioneína. É importante destacar que a metalotioneína tem alta afinidade com cobre, fato que esclarece a interação entre estes dois elementos. A absorção

pode ser prejudicada pela presença de excessos de Ca, Cu e Fe e favorecida por Mg, P e vitamina D (McDOWELL, 1992; NRC, 2007).

Uma parte do zinco ingerido na dieta também é absorvida no abomaso, sendo mobilizado para o fígado pela metalotioneína. O zinco, ao contrário dos demais elementos, não é estocado em nenhum órgão. Ele se constitui como "pool" móvel, comandado por uma proteína específica, que o mobiliza para um tecido ou órgão de maior demanda (MORAES, 2001a; NRC, 2007).

A principal via de excreção do zinco é pelas fezes, pois este elemento é secretado no suco pancreático, e pequena excreção ocorre pela urina. Como o armazenamento de zinco no organismo animal é pequeno, no caso de deficiência, ocorre sua redistribuição dos músculos e dos ossos, retardando os sintomas de deficiência (UNDERWOOD e SUTTLE, 1999).

## **Cobre**

O cobre é um elemento químico de símbolo Cu, número atômico 29 e de massa atômica 63,6. Classificado como metal de transição, pertence ao grupo 11 (1B) da classificação periódica dos elementos. É um dos metais mais importantes industrialmente, de coloração avermelhada, dúctil, maleável e bom condutor de eletricidade. O cobre é um dos poucos metais que ocorrem na natureza em estado puro. Tende a ocorrer em depósitos de sulfeto, em particular nas rochas ígneas, com uma concentração na crosta continental de 50 ppm (APOSTOLI, 2002; ALVES, 2008).

Gramíneas frescas contêm baixos teores de cobre, em comparação com feno, devido sua menor disponibilidade. O cobre apresenta menores concentrações em gramíneas temperadas e maiores em gramíneas tropicais e em leguminosas, com valores variando de 6 a 16 mg/kg. Nos grãos a presença do elemento pode variar de 4 mg a 8 mg de Cu / kg, no caso de cereais, e de 15 mg a 30 mg/kg nas sementes de oleaginosas e seus respectivos farelos (PEDREIRA e BERCHIELLI, 2006).

Solos ácidos elevam o teor de cobre e diminuem o de molibdênio na forragem; entretanto o molibdênio é alto em solos alcalinos ou com alto conteúdo de matéria orgânica (também alto em enxofre). A absorção do cobre pela planta também é limitada pelo pH alcalino ou alto teor de molibdênio. Acalagem pode aumentar o molibdênio das forragens e alterar a proporção Cu:Mo, sendo esta pelo menos 4:1, considerada segura, pois evita

possível deficiência de cobre (PEDREIRA e BERCHIELLI, 2006; GONÇALVES et al., 2009).

Enxofre e molibdênio contidos na dieta podem afetar o coeficiente de absorção do cobre, pela formação de tiomolibidatos, através da reação de sulfito de molibdênio. O sulfito é produzido por microrganismos do rúmen, através da redução de sulfato e também da degradação dos aminoácidos de enxofre (SUTTLE, 1991).

Estes tiomolibidatos formam complexos insolúveis com o cobre, tornando-o indisponível. Certas formas de tiomolibidatos podem ser absorvidas, ocasionando efeito sistêmico sobre o metabolismo do cobre, incluindo aumento da excreção biliar, forte ligação com albumina plasmática, o que resulta em transporte reduzido de cobre para os processos bioquímicos, além de remoção do cobre a partir de metaloenzimas. Assim, o cobre hepático e plasmático pode não refletir exatamente o *status* de cobre do animal (SPEARS, 2003; SUTTLE, 2010).

A deficiência de cobre, severa e prolongada, é manifestada como uma anemia hipocrômica microcítica. Podem ocorrer problemas de desenvolvimento ósseo e nas cartilagens articulares como resultado de menor produção de colágeno e elastina (ANDRIGUETO, 2002). Também são observadas doenças cardiovasculares, despigmentação da pele, pelo e lã e menor queratinização da lã, originando produto de baixa qualidade. Queda na fertilidade do rebanho e aumento da susceptibilidade a doenças também são sintomas de deficiência de cobre. Crias de ovelhas e cabras deficientes em cobre durante a gestação, comumente nascem com ataxia enzoótica congênita ou neonatal, resultado de deficiente síntese de mielina no tecido cerebral (UNDERWOOD e SUTTLE, 1999; NRC, 2007).

Os ovinos têm baixa tolerância ao cobre (WELLS et al., 2000), onde a ingestão acima de 10 mg/kg ao dia desse mineral causa seu acúmulo no fígado (CAVALHEIRO e TRINDADE, 1992), predispondo o animal à crise hemolítica.

As fontes potenciais de excesso de cobre em ovinos incluem rações e suplementos minerais indicados para outras espécies animais, como bovinos, equinos e suínos, misturas minerais, soluções de pedilúvio contendo sulfato de cobre, pastagens adubadas tanto com sulfato de cobre como com esterco de suínos e de frangos, e, alimentos contendo proporção cobre:molibdênio acima de 10:1 (BELKNAP e PUGH, 2005). A soja é uma das leguminosas que têm naturalmente uma alta concentração de cobre, devido principalmente aos fungicidas utilizados. Muitos anti-helmínticos possuem em sua formulação sais de cobre, o que os torna

potencialmente tóxicos para ovinos (SOLAIMAN et al., 2001; BORGES e GONÇALVES, 2002).

A ingestão de níveis de cobre acima dos tolerados não produz sinais clínicos agudos enquanto este se acumula no tecido hepático, o que pode levar semanas ou até mesmo meses. Quando acumulado, esse mineral se liga a metaloproteína ceruloplasmina, levando a uma saturação hepática (MÉNDEZ, 2001; BELKNAP; PUGH, 2005). Condições estressantes desencadeiam a liberação do metal armazenado para a corrente sanguínea e, como o cobre livre ou não ligado é potencialmente hemolítico, causa a oxidação da hemoglobina e posteriormente anemia hemolítica pela formação dos corpúsculos de Heinz. A hemólise é intravascular, ocorrendo metahemoglobinúria com conseqüente insuficiência renal aguda, causando a morte do animal (SOLAIMAN et al., 2001; BELKNAP e PUGH, 2005).

O cobre é exigido para a respiração celular, formação de ossos, funcionamento cardíaco, formação do tecido conjuntivo (sem o Cu ocorre uma falha na maturação e ligação do colágeno com a elastina) e da mielina da medula espinhal, na pigmentação de tecidos e queratinização de pelos e lã. Como componente de várias enzimas, é necessário para a síntese da hemoglobina, juntamente com o Fe. É importante para a integridade do sistema nervoso central, em enzimas que atuam na formação da mielina (McDOWELL, 1992; NRC, 2007) e, está relacionado a outros dois neurotransmissores (dopamina e norepinefrina). Outras funções seriam na atividade reprodutiva, no sistema imune e no metabolismo de lipídios (NRC, 2001). A mais evidente função do cobre é a síntese de mielina (pigmento da pele, lã e pelo) via tirosinase (NRC, 2007).

A homeostase é efetuada através do controle da taxa de absorção, o que por sua vez é regulada pela mucosa intestinal. Há boas evidências de que a metalotioneína nas células epiteliais do intestino pode desempenhar um papel fundamental na regulação. A absorção de Cu é mais elevada durante uma deficiência de cobre do que no estado nutricional adequado (McDOWELL, 1992).

A absorção do cobre ocorre no intestino delgado, estômago e cólon. A entrada na superfície da mucosa basolateral é primeiramente por transporte ativo, porém, a difusão facilitada pode também ocorrer. Dentro das células intestinais de absorção, os íons cobre estão ligados à metalotioneína (com afinidade maior que o zinco) que serve como uma forma de armazenamento, e é incorporado à ceruloplasmina (NRC, 1985; KURZ, 2004).

Geralmente o coeficiente de absorção de Cu não passa de 5 a 10% em animais adultos. Em pré-ruminantes, a absorção ocorre como nos monogástricos (acima de 60%). A presença de

microrganismos ruminais, especialmente protozoários, afeta adversamente a absorção do cobre terminando na formação de sulfetos de cobre. A taxa de absorção de 70-75% de cobre em ruminantes recém-nascidos pode ser reduzida para menos de 10% em adultos, e na presença de antagonistas, reduzida para 1% (PRICE e CHERTES, 1985; UNDERWOOD e SUTTLE, 1999).

A absorção intestinal é influenciada pela forma química do Cu e por substancial número de interações com outros fatores dietéticos. Dietas com altos níveis de fitatos, Ca, Fe, Zn, Cd ou Mo reduzem a absorção de Cu. O Mo, especialmente na presença de S, reduz depósitos de Cu no organismo e a síntese de ceruloplasmina, e, como resultado, aumenta a excreção urinária de Cu (CARVALHO, 2003; NRC, 2005).

A excreção do cobre é via fezes, sendo que a biliar pode aumentar a reciclagem hepática durante a absorção. A excreção urinária de cobre é pequena e relativamente constante em todas as espécies (McDOWELL, 1992).

### **1.1.2 Métodos de determinação de exigências minerais para ovinos**

Os requerimentos nutricionais em proteína, energia e minerais são afetados por vários fatores, entre eles: idade do animal, tamanho corporal, taxa de crescimento, estágio da gestação e atividade muscular, sexo, raça e nível de produção, além de fatores do meio ambiente (temperatura, umidade, intensidade solar), nível e forma química do mineral, interações entre os elementos, dentre outros (SILVA, 1996). Em virtude dessa série de fatores, as exigências dietéticas são difíceis de serem determinadas.

Os primeiros sistemas de recomendação nutricional utilizaram relações entre as quantidades de um nutriente e o desempenho animal; e as exigências eram definidas a partir da quantidade do nutriente necessário para maximizar o desempenho animal ou a eficiência da utilização dos alimentos. Essas relações empíricas têm utilização bastante limitada, pois, à medida que os animais, alimentos ou quaisquer condições ambientais são alterados, essas relações tornam-se inválidas (BOIN, 1985; COSTA et al., 2003).

As estimativas das exigências obtidas por meio de ensaios de alimentação receberam, a partir de 1965, um enfoque diferente, quando o Agricultural Research Council (ARC) propôs a aplicação do método fatorial para o cálculo das exigências mínimas, dividindo-as em exigência para manutenção e exigência para produção (crescimento, gestação, lactação e

produção de lã). A exigência de manutenção é a necessidade para manter os processos fisiológicos normais, como circulação, respiração, digestão, entre outros (VALADARES FILHO et al., 2010).

A soma das necessidades de manutenção com a de produção representa a exigência líquida do animal (ARC, 1980). Este método de estimativa tornou-se o mais utilizado pelos sistemas de alimentação justamente pelo fracionamento das exigências nos diversos componentes de produção (RESENDE et al., 2008, VALADARES FILHO et al., 2010).

A partir da exigência líquida é levado em consideração que cada alimento pode fornecer para o animal, ou seja, a biodisponibilidade do nutriente na dieta, e assim, é obtida a exigência dietética. A essa exigência dietética ainda costuma-se acrescentar um fator de segurança devido às diferenças entre os indivíduos, e, a partir dessas exigências dietéticas médias, é calculada a quantidade de alimento que deverá ser fornecido em função da categoria, peso e produção do animal (NRC, 1985).

Normalmente as exigências de minerais são expressas de duas maneiras: a) em quantidades por dia ou por unidade de produto (por kg de leite ou kg de ganho); b) ou em proporções do consumo de matéria seca da dieta. Devido aos vários fatores que afetam as exigências de minerais, nos sistemas de produção, essas exigências devem ser periodicamente ajustadas (NSAHLAI, et al., 2004).

A soma das necessidades de manutenção com a de produção representa a exigência total do elemento mineral do animal. A conversão das exigências líquidas em dietéticas é feita dividindo-se a exigência líquida do mineral pelo coeficiente de absorção aparente do mineral no trato gastrointestinal (SILVA, 1995; VALADARES FILHO et al., 2010). Para o cálculo do coeficiente de absorção é feita a regressão entre o mineral absorvido e o ingerido (ensaio de digestibilidade) sendo que o coeficiente de regressão (inclinação) da equação obtida representa o coeficiente de absorção aparente do mineral.

Por meio dos ensaios de digestibilidade convencionais, obtém-se a absorção aparente. Como nas fezes se encontra não apenas a fração não absorvida do alimento, mas também uma fração secretada no trato gastrointestinal e não reabsorvida, chamada fração fecal endógena, os valores de absorção aparente são mais baixos que os de absorção verdadeira (LITTLE, 1984).

A determinação do coeficiente de absorção aparente, especialmente para minerais traços, é difícil e não acurada, razão pela qual, os dados de pesquisas são escassos. O coeficiente de absorção aparente pode ser afetado por fatores dietéticos (antagonistas,

nível do mineral e outros), tanto quanto por fatores ligados ao animal (idade, sexo, estágio fisiológico e outros) (NICODEMO e LAURA, 2001).

A principal vantagem do sistema fatorial de cálculo de exigências é que estas podem ser estimadas para uma ampla variedade de situações e níveis de produção, porém, a exatidão na determinação das exigências derivadas do procedimento fatorial é dependente dos dados utilizados no modelo. A determinação da quantidade de mineral presente no leite e no ganho de peso corporal pode ser obtida com uma razoável precisão. Já para exigências de manutenção e para os coeficientes de absorção, as dificuldades são muito grandes, e consequentemente, são as principais fontes de erro do modelo (VALADARES FILHO et al., 2010).

A perda endógena fecal é o principal componente das exigências de manutenção para a maioria dos minerais. Essa perda é composta por minerais que são secretados para a luz do trato digestório e não são reabsorvidos. Tais perdas são provenientes da saliva, da bile, do suco pancreático, do suco entérico e das células da descamação epitelial do trato digestório. A medida da perda endógena fecal geralmente requer o uso de radioisótopos e os valores obtidos podem ser afetados pela concentração na dieta e nos estoques do organismo animal (SILVA, 1996; PATIÑO et al., 2012).

Para determinar as exigências líquidas de mineral para ganho, o modelo mais utilizado é o alométrico, proposto pelo Agricultural Research Council (ARC, 1980) onde o conteúdo corporal do mineral no corpo é estimado a partir de seu peso do corpo vazio (PCVZ) e a equação obtida é derivada para estimativa do mineral presente em 1,0 kg de ganho.

A composição química corporal refere-se às concentrações ou quantidade de água, gordura, proteína, energia e minerais depositadas no corpo vazio do animal (ARC, 1980; GREENHALGH, 1986). Todavia, a moagem de todo animal é uma prática difícil como rotina experimental, pois, além de ser oneroso, permite apenas uma avaliação por animal (RESENDE et al., 2005).

A determinação da composição corporal dos animais é essencial em estudos de nutrição para avaliar alimentos, crescimento animal e exigências nutricionais. Pela composição corporal é possível identificar alterações na composição do ganho, e ainda, determinar a eficiência e as exigências nutricionais de diferentes categorias de animais (HENRIQUE et al., 2003).

Segundo dados internacionais, variações na composição corporal de vários constituintes do corpo foram observadas para água, (47,9% a 74%), proteína (14,6% a 19,9%),

gordura (6% a 34,2%) e minerais (2,5% a 8,1%) em ovinos e caprinos com peso vivo de 12,6 a 28,6kg (BEEDe et al., 1985; AGANGA et al., 1989; GAFFARE BIABANI, 1986; SHAHJALAL et al., 1992).

Nos trabalhos nacionais reunidos por Resende et al. (2005), desenvolvidos com cordeiros Santa Inês, a composição corporal variou de 64% a 68% de água, 14% a 17% de proteína, 8% a 18% de gordura, 1,1% a 1,6% de Ca, 0,6% a 0,8% de P em animais pesando de 5 a 45kg de PV.

Em animais de raça lanada em crescimento (peso médio entre 15 e 35 kg, e ganho entre 100 e 200 g/dia), nos estudos brasileiros, a variação na composição corporal foi de 62% a 64% de água, 13% a 17% de proteína, 14% a 32% de gordura, 1,1% a 1,3% de Ca, e 0,6% a 0,8% de P (TRINDADE, 2000; SANTOS et al., 2001; PEREZ et al., 2001; BAIÃO et al., 2004).

Segundo o ARC (1980), à medida que a idade avança, ocorre um aumento no conteúdo de gordura e um decréscimo na proteína no corpo e no ganho em peso. Ao comparar a concentração corporal de proteína em animais machos inteiros, castrados e fêmeas, merinos e não merinos, esse comitê determinou, em termos da composição de proteína, que os tipos raciais são similares, existindo diferença apenas entre sexo, uma vez que machos inteiros e castrados apresentam maior conteúdo proteico que fêmeas.

Para o caso dos minerais, este mesmo comitê estima valores constantes, independente do peso do animal, como exemplo em cálcio, de 11g/kg de peso do corpo vazio (PCVZ), fósforo de 6g/kg de PCVZ, magnésio de 0,41g/kg de PCVZ, sódio de 1,1g/kg de PCVZ e potássio de 1,8g/kg de PCVZ. Já Annenkov (1982) e Grace (1983) encontraram valores médios, para cordeiros em crescimento, de 10,2 e 10,5g de Ca e 5,4 e 5,2g de P por kg de ganho de peso corporal (PC), respectivamente, mostrando diferenças na composição corporal em decorrência do crescimento animal.

Bellof e Pallauf (2007) examinaram o efeito do sexo, peso vivo e da intensidade de alimentação sobre a deposição de ferro, zinco, cobre e manganês no corpo vazio de cordeiros da raça Merino. Os autores verificaram que com o aumento da intensidade de alimentação (baixa, média e alta) a deposição diária destes elementos aumentou com valores de 4,4; 5,2 e 6,6 mg/dia para Fe; 4,9; 5,5 e 6,9 mg/dia para Zn; 0,20; 0,36 e 0,44 mg/dia para Cu; 0,14, 0,16 e 0,21 mg/dia para Mn. Os animais mais pesados apresentaram aumentada retenção diária de Zn e Mn. Os machos tiveram maior retenção diária de Zn em relação às fêmeas. A composição corporal de ganho foi em média de 26,1 mg Fe, 30 mg Zn, 1,41 mg Cu e 1,04 mg

Mn/kg PCVZ ganho para machos com o PC variando de 18 a 55 kg e ganhos diários entre 100 e 200 g.

O ARC (1980) e o NRC(1985) admitem que os requerimentos líquidos de elementos minerais sejam constantes e independentem do peso do animal. Porém o AFRC(1991) adotou equações baseadas no crescimento ósseo para estimar as exigências de Ca e de P e considerou que a deposição desses elementos no corpo decresce à medida que o animal torna-se adulto. Annenkov (1982) apresentou uma tabela de exigências de minerais para várias categorias, conforme peso e ganho diário.

Na literatura observa-se variação nos valores de composição corporal e, conseqüentemente, nas exigências em minerais para ovinos. Boin (1985) afirma que, devido a fatores como sistemas de produção, raças, alimentos e condições climáticas, é importante realizar trabalhos com o objetivo de verificar as exigências minerais, que eles devam ser feitos preferencialmente com os animais nas mesmas condições dos sistemas de produção que serão criados.

As exigências de muitos minerais não são constantes, mas são afetadas por fatores ligados à dieta e aos processos fisiológicos, as quais afetam tanto a absorção como a demanda metabólica. O principal fator ligado à dieta é a taxa de absorção pelo trato digestório de cada mineral, em cada fonte ou alimento incluído na mesma, podendo ser influenciada pelas interações entre os minerais.

Com relação às interações, Conrad et al. (1985) relatam que os minerais podem interagir entre si, com outros nutrientes e com fatores não nutritivos. Essas interações podem ser sinérgicas ou antagônicas, e tomam lugar no próprio alimento, no trato digestivo, nos tecidos e no metabolismo celular. Entende-se que ocorre sinergismo quando dois ou mais elementos provocam o aumento da absorção de um mineral ou realizam alguma função metabólica em nível celular ou tecidual. Mas, por outro lado, a interação antagônica ocorre quando um elemento mineral inibe a absorção de outro no trato gastrointestinal, produzindo efeitos no metabolismo (CAVALHEIRO e TRINDADE, 1992).

Quando os minerais possuem propriedades semelhantes eles podem interagir não apenas no lúmen intestinal, mas também dentro do enterócito e mesmo em nível de transporte no sangue e para os tecidos (COZZOLINO, 1997).

O sinergismo entre minerais pode ocorrer por ação direta entre os elementos, pois o nível de absorção é determinado por suas proporções na dieta, como no caso Na/Cl, Zn/Co e Ca/P, ou, ação indireta em funções estruturais, como Ca e P na formação da hidroxiapatita no

osso; o Cu e Fe na formação da hemoglobina e Mn e Zn na formação do DNA (MORAES, 2001a).

Outro exemplo de sinergismo entre minerais é a participação simultânea no centro ativo de algumas enzimas, como Fe e Mo na formação da xantina oxidase, importante para o catabolismo de purinas, e o Cu e Fe na citocromo oxidase, para transporte de elétrons (CAVALHEIRO e TRINDADE, 1992; MORAES, 2001a).

Com relação ao antagonismo entre minerais, pode ocorrer pela reação química entre os elementos, tornando-os indisponíveis, como exemplo do excesso de Mg na dieta levando a formação de fosfato de magnésio que diminui absorção de P, ou altas concentrações de molibdênio e enxofre, que complexam o Cu (tiomolibidatos), reduzindo sua biodisponibilidade (CAVALHEIRO e TRINDADE, 1992; SUTTLE, 2010).

Partículas coloidais insolúveis de alumínio podem atrair eletrostaticamente Fe e Mg, prejudicando a disponibilidade dos mesmos para o organismo. A competição entre íons com carga semelhante, na absorção passiva pela pressão iônica na mucosa da parede intestinal ( $Fe^{+2}$ ,  $Mn^{+2}$ ,  $Zn^{+2}$  e  $Cu^{+2}$ ) ou a competição entre os íons para os centros ativos enzimáticos (Mg, Mn e Zn nas metaloenzimas das fosfatases alcalinas, colinesterases e enolases) também são exemplos de antagonismos, assim como a concorrência entre Fe, Zn e Cu nas ligações com a transferrina plasmática, ou mesmo o efeito sobre enzimas receptoras, como a ativação de ATPase pelo Mg, que pode inibir a ação do Ca no músculo (COZZOLINO, 1997; MORAES, 2001a).

Ressalta-se ainda que, muitas vezes, o equilíbrio homeostático lança mão desses efeitos (sinergismo e antagonismo) para manutenção das trocas metabólicas, em situações de dieta inadequadas (CONRAD et al., 1985; CAVALHEIRO e TRINDADE, 1992). Portanto, o conhecimento das interações torna-se importante, pois pode evitar equívocos nas estimativas das exigências minerais.

As exigências definidas no NRC (2007) e em outras publicações (NRC, 1985; AFRC, 1991) são sempre estimativas. Muitas vezes as tabelas de exigências incluem um fator de segurança utilizado para minimizar riscos de inadequação das recomendações devido às muitas variáveis envolvidas na determinação das necessidades nutricionais.

O ARC (1980) foi um dos primeiros sistemas a estabelecer e divulgar exigências minerais para ruminantes. Baseado nos dados deste sistema, outros comitês também estabeleceram uma abordagem para as exigências minerais, mais especificamente para ovinos,

com recomendações expressas em quilos de matéria seca ou exigências diárias dos animais (Tabela 1).

Apesar das dificuldades nesta área de estudos, a determinação dos requerimentos minerais para ovinos, em condições tropicais é importante para o avanço da ovinocultura brasileira.

Tabela 1 Resumo das principais recomendações para alguns minerais importantes para ovinos, apresentadas pelo sistema NRC (1985 e 2007).

Mineral	Ação no corpo	Exigência (NRC 1985)	Exigência (NRC 2007)	Sinais de deficiência	Nível tóxico	Sinais de toxicidade
<b>Ca</b>	Estrutural (ossos)	2,0 – 8,2 g/kg MS	1,8 – 9,7 g/d	Desenvolvimento anormal dos ossos cálculo urinário febre do leite	20 g/kgMS	Hipercalcemia Calcificação de tecidos moles Cálculo renal (carbonato de Ca)
<b>P</b>	Estrutural (ossos)	1,6 – 3,8 g/kgMS	1,5 – 4,5 g/d	Raquitismo ↓Crescimento Apetite depravado	-	-
<b>Mg</b>	Estrutural Integridade muscular Sistemas enzimáticos Sistema nervoso	1,2 – 1,8 g/kg MS	0,6 g/d	Tetania das pastagens ↑Salivação Perda de apetite Calcificação de tecidos moles	8 g/kgMS	Letargia Distúrbio locomotor Diarreia ↓ no consumo de alimento
<b>K</b>	Pressão osmótica Equilíbrio ácido-base Síntese de proteínas	5 – 8 g/kgMS	2,9 g/d	↓do crescimento Emagrecimento Rigidez e Paralisia muscular	20 g/kg MS	Hipomagnesemia Hipocalcemia
<b>Na</b>	Regulatória	0,9 – 1,8 g/kgMS	0,4 g/kgMS	↓ ingestão de água e alimento ↓crescimento Consumo de plantas tóxicas Ingestão de lã e terra	40 g/kgMS	Desidratação Acidose metabólica em altos níveis de cloro
<b>S</b>	Metabolismo proteico Interações com Cu e Mo	1,4 – 2,6 g/kgMS	1,1 g/d	Perda de apetite Morte embrionária Perda de peso Queda de produção de lã	4,0 g/kgMS	Polioencéfalo-malácia Diarreia Dispneia morte
<b>Fe</b>	Componente da hemoglobina Transporte de oxigênio	30 – 50 mg/kg MS	30 mg/d	↓Crescimento Letargia Taquipneia ↓imunidade	500 mg/kgMS	Dano celular (membranas), principalmente fígado
<b>Mn</b>	Componente dos ossos, pelos e lã Sistema reprodutivo	20 – 40 mg/kg MS	12 – 15 mg/d	Ataxia ↓Crescimento Distúrbios reprodutivos Incoordenação em recém nascidos	1000 mg/kgMS	Interfere no metabolismo do Fe
<b>Zn</b>	Atividades reprodutivas Sistemas enzimáticos	20 – 33 mg/kgMS	20 – 33 mg/d	↓na taxa de crescimento ↑Salivação Paraqueratose Problemas reprodutivos	750 mg/kgMS	↓ desempenho ↓consumo de alimento Distúrbios ruminais

<b>Cu</b>	Coordenação do sistema nervoso e muscular Interação com S e Mo	7 – 11 mg/kg MS	3,1 mg/d	Ataxia incoordenação Lã de aço ou pegajosa Anemia Fragilidade óssea	25 mg/kgMS	Hemólise Icterícia Hemoglobinúria Morte
<b>Mo</b>	Fluidos corporais Interações com S e Cu	0,5 mg/kgMS	0,1 – 0,5 mg/kgMS	Crescimento deficiente Problemas reprodutivos	10 mg/kgMS	Diarreia ↓ nas exigências de Cue S

Fonte: adaptado do NRC (1985; 2007). Valores referentes para cordeiros em crescimento com 20 kg e ganhos diários de 100 g/dia.

Para uma melhor compreensão dos resultados avaliados nesta pesquisa, foram elaborados dois artigos sobre exigência mineral para fêmeas ovinas confinadas, sendo um artigo referente aos macrominerais Ca, P e Mg, e outro referente aos microminerais Fe; Mn; Zn e Cu. Os artigos seguiram as normas para publicação da Revista Brasileira de Zootecnia.

## 1.2 Referências

AGANGA, A.A.; UMUNNA, N. N.; OYEDIPE, E. O.; OKOH, P. N. Breed differences in water metabolism and bodycomposition of sheep and goats. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.113, n.2, p.255-258, 1989.

AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL - AFRC. Technical Committee on Responses to Nutrients. A reappraisal of the calcium and phosphorus requirements of sheep and cattle. **Nutrition Abstracts and Reviews Series**, v.61, n.9, p.573- 612, 1991.

AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL - ARC. **The nutrient requirements of ruminant livestock**: Technical review. London: Agricultural Research Council Working Party, 1980. 351p.

ALMEIDA, L. C.; CARDOSO, M. A. Magnésio, Sódio e Potássio. In: CARDOSO, M.A. (Org.). **Nutrição Humana**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p. 237-257. 2006.

ALVES, N.P. Guia dos Elementos Químicos. São Paulo, Quimlab. 2008, 144 p.

AMORIM, A.G.; TIRAPÉGUI, J. Aspectos atuais da relação entre exercício físico, estresse oxidativo e magnésio. **Revista de Nutrição**, v.21, n. 5, p. 563-575, 2008.

ANDRIGUETO, J.M. **Nutrição Animal**. São Paulo: Nobel, volume 1. 2002. 395 p.

ANNENKOV, B.N. Kinetics of mineral metabolism in organs and tissues. In: GEORGIEVSKII, V.I.; ANNENKOV, B.N.; SAMOKHIN, V.I. **Mineral nutrition of animals**. London: Butterworths, cap.10. p. 257-271, 1982.

APOSTOLI, P.; Elements in environmental and occupational medicine. *Journal of Chromatograph. B*, v.63, p. 778. 2002.

ARAÚJO, J.A.; SILVA, J.H.V.; AMÂNCIO, A.L.L.; LIMA, C.B.; OLIVEIRA, E.R.A. Fontes de minerais para poedeiras **Acta Veterinária Brasília**, v.2, n.3, p.53-60, 2008.

ARAÚJO, W.A.G.; ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L.F.T.; CARVALHO, T.A.; NETO, A.C.R. Potássio na nutrição animal. **Revista Nutrime**, v.7, n.4, p.1280-1291. 2010.

BAIÃO, E.A.M.; PEREZ, J.R.O.; BAIÃO, A.A.F. GERASEEV, L.C.; OLIVEIRA, A.N.; TEIXEIRA, J.C. Composição corporal e exigências nutricionais de cálcio e fósforo para ganho em peso de cordeiros. **Ciência Agrotécnica**, v.27, n.6, p.1370-1379, 2003.

BAIÃO, E.A.M.; PEREZ, J.R.O.; BAIÃO, A.A.F.; BAIÃO, L.A.; GERASEEV, L.C.; TEIXEIRA, J.C.; ANDRADE, I.F.; OLIVEIRA, A.N. Composição corporal e exigências nutricionais de magnésio, potássio e sódio de cordeiros Santa Inês e seus cruzamentos com Bergamácia, Ile de France e Texel dos 15 aos 45 kg de peso vivo. **Ciência Agrotécnica**, v. 28, n. 1, p. 156-166, 2004.

BARNES, R.F.; NELSON, C.J.; MOORE, K.J.; COLLINS, M. **Forages – The Science of Grassland Agriculture**. Blackwell Publishing. v.2. 6<sup>th</sup>ed. 2007. 791p.

BAYNARD, E. A. Biological functions of pancreatic ribonuclease. **Nature**, v. 221, p. 340-344. 1969.

BEEDE, D.K.; SCHELLING, G.T.; MITCHELL JR. G.E.; TUCKER, R.E.. Utilization by growing goats of diets than contain monosin and low or excess crude protein: comparative slaughter experiment. **Journal of Animal Science**, v.61, n.5, p.1230-1242, 1985.

BELKNAP, E. B.; PUGH, D. G. Enfermidades do sistema urinário. In: PUGH, D.G. **Clinica de ovinos e caprinos**. São Paulo: Rocca, 2005. p. 298.

BELLOF, G.; PALLAUF, J. Deposition of copper, iron, manganese and zinc in the empty body of growing lambs of the breed German Merino Landsheep. **Animal**, v.1, n. 6, p. 827–834. 2007.

BERG, J.M. Zinc fingers and other metal-binding domains. Elements for interactions between macromolecules. **Journal Biology Chemistry**, v. 265, p. 6513-6516. 1990.

BOIN, C. Exigências de minerais pelas categorias do rebanho bovino e funções desses nutrientes. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 3, 1985, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, p. 15-46. 1985.

BORGES, I.; GONÇALVES, L.C. **Manual prático de caprino e ovinocultura**. Escola de Veterinária, Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Minas Gerais Belo Horizonte 2002. 109 p.

BRASIL. Portaria MAPA/SDR n<sup>o</sup> 20, de 06 de junho de 1997. **Estabelece limites mínimos ou máximos de macro e microelementos para formulações de misturas minerais destinadas a aves, suínos e bovinos**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA, D.O.U. 06/06/1997, p. 101, seção 1.

BRASIL. Instrução Normativa nº8, de 26 de março de 2004. **Regulamento técnico da inspeção higiênico-sanitária e tecnológica do Processamento de resíduos de animais.** Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. D.O.U, 26/03/2004, p. 5, seção 1.

BRAVO, D.; SUVANT, D.; BOGAERT, C. A bibliographic database for quantitative analysis of phosphorus flow in ruminants. **Reproduction Nutrition Development**, v.43, p.251- 269, 2003.

BREVES, G.; SCHRÖDER, B. Comparative aspects of gastrointestinal phosphorus metabolism. **Nutrition Research Reviews**, v.4, p. 125-140. 1991.

BRONNER, F.; PANSU, D. Nutritional aspects of calcium absorption. **Journal of Nutrition**, v. 129, p. 9-12. 1999.

BUTOLO, J.E. **Qualidade de ingredientes na alimentação animal.** Campinas:Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, 2002.430 p.

CABRAL, L.S.; NEVES, E.M.O.; ZERVOUDAKIS, J.T.; ABREU, J.G.; RODRIGUES, R.C.; SOUZA, A.L.; OLIVEIRA, I.S. Estimativas dos requisitos nutricionais de ovinos em condições brasileiras. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.9, n.3, p. 529-542, 2008.

CARVALHO, F.A.N.; BARBOSA, F.A.; MCDOWELL, L.R. **Nutrição de Bovinos a Pasto.** 1ª edição, Belo Horizonte: PapelForm, 2003. 428 p.

CAVALHEIRO, A.C.L., TRINDADE, D.S. 1992. **Os minerais para bovinos e ovinos criados em pastejo.** Porto Alegre:Sagra-DC Luzzato. 141p.

CHALLA, J.; BRAITHWAITE, G. D. Phosphorus and calcium metabolism in growing calves with special emphasis on phosphorus homeostasis. 3. Studies of the effects of continuous intravenous infusion of different levels of phosphorus in ruminating calves receiving adequate dietary phosphorus. **Journal of Agricultural Science**, v. 110. 1988.

CHALLA, J.; BRAITHWAITE, G. D.; DHA NOA, M. S. Phosphorus homeostasis in growing calves. **Journal of Agricultural Science**, v. 112, p. 217-226. 1989.

CHEMELLO, E. Química na Cozinha: O Sal. **Revista Zoom**,v.6, n. 3, 2005. 21 p.

COHEN, R.D.H. Phosphorus in range land ruminant nutrition: a review. **Livestock Production Science**, v.7, n.1, p.25-32, 1980.

CONEGLIAN, S.M. Diferentes proporções de fosfato bicálcico e fosfato de rocha em dieta de bovinos, 2006, 68 p. **Dissertação** (Mestrado em Zootecnia), Universidade Estadual de Maringá – UEM. 2006.

CONRAD, J.H., MCDOWELL, L.R., ELLIS, G.L. E LOOSLI, J.K. **Minerais para ruminantes em pastejo em regiões tropicais.** Departamento de Ciência Animal; Centro de Agricultura Tropical, Universidade da Florida e Agência Americana para o Desenvolvimento Internacional. Gainesville. 1985, 91 p.

COSTA, R.G.; RESENDE, K.T.; RODRIGUES, M.T.; ESPECHIT, C.B.; QUEIROZ, A.C. Exigências de minerais para cabras durante a gestação: Na, K, Mg, S, Fe e Zn. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.2, p. 431-436, 2003.

COTTA, T. **Minerais e Vitaminas para Bovinos, Ovinos e Caprinos**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2001. 130p.

COZZOLINO, S.M.F. Biodisponibilidade de minerais. **Revista Nutrime**, v.10, n. 2, p. 87-98, 1997.

CUNNINGHAM, J. **Tratado de fisiologia veterinária**. 2ª Ed. Rio de Janeiro: Guanabara. 1999. 550 p.

DEL CLARO, G.R.; ZANETTI, M.A.; SALLES, M.S.V. Influência da dieta aniônica no balanço macromineral em novilhos holandeses. **Arquivos de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 74, n.3, p. 281-283. 2002.

DIAS, R.S.; LÓPEZ, S.; PATIÑO, R.M.; SILVA, T.S.; SILVA FILHO, J.C.; VITTI, D.M.; PEÇANHA, M.R.; KEBREAB, E.; FRANCE, J. An extended model of phosphorus metabolism in growing ruminants. **Journal Animal Science**, v. 89, n. 12, p. 4151-4162. 2011.

Di BARTOLA, S. P. Introduction to acid-base disorders. In: STEPHEN, P.; Di BARTOLA, S. P. **Fluid, Electrolyte and Acid-Base Disorders in Small Animal Practice**. 4<sup>th</sup>ed. St. Louis: Elsevier, p. 231-252, 2012.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. **Nutrição Mineral de Plantas. Princípios e perspectivas**. 2 ed. Londrina: Editora Planta. 2006. 403 p.

FREITAS, M.D.; FERREIRA, M.G.; FERREIRA, P.M.; CARVALHO, A.U.; LAGE, A.P.; HEINEMANN, M.B.; FACURY FILHO, E.J. Equilíbrio eletrolítico e ácido-base em bovinos. **Ciência Rural**, v.40, n.12, p.2608-2615. 2010.

GAFFAR, M.A, BIABANI, S.Z. Effect of plane of nutrition on carcass characteristics, body composition and nutrient deposition in osmanabadi goat. **Indian Journal of Animal Nutrition**, Bremerhaven, v.3, n.3, p.173-178, 1986.

GERMANO, R.M.A.; CANNIATTI-BRAZACA, S.G. Importância do ferro em nutrição humana, **Nutrire: Revista da Sociedade Brasileira de Alimentação**, São Paulo, SP, v.24, p.85-104, 2002.

GERASEEV, L.C.; PEREZ, J.R.O.; RESENDE, K.T.; SILVA FILHO, J.C.; BONAGURIO, S. Composição Corporal e Exigências Nutricionais em Cálcio e Fósforo para Ganho e Manutenção de Cordeiros Santa Inês dos 15 kg aos 25 kg de Peso Vivo, **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n.1, p.261-268, 2000.

GIONBELLI, M.P.; MARCONDES, M.I.; VALADARES FILHO, S.C. PRADOS, L.F. Exigências nutricionais de minerais para bovinos de corte. In: VALADARES FILHO, S.C.; MARCONDES, M.I.;

CHIZZOTTI, M.L. et al. **Exigências nutricionais de zebuínos puros e cruzados**. BR-CORTE 2 ed. Viçosa:UFV, 2010. 193p.

GOMIDE, C.A.; ZANETTI, M.A.; PENTEADO, M.V.C.; CARRER, C.R.O.; DEL CLARO, G.R.; NETTO, A.S. Influência da diferença cátion aniônica da dieta sobre o balanço de cálcio, fósforo e magnésio em ovinos. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 56, n. 3, p. 363-369. 2004.

GONÇALVES, L.C.; BORGES, I.; FERREIRA, P.D.S. Alimentação de gado de leite. Belo Horizonte: FEPMVZ, 2009. 412 p.

GONZAGA NETO, S.; SILVA SOBRINHO, A.G.; RESENDE, K.T. ZEOLA, N.M.B.L.; SILVA, A.M.A.; MARQUES, C.A.T.; ROMBOLA, L.G. Composição Corporal e Exigências Nutricionais de Macrominerais para Cordeiros Morada Nova. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, p.2133-2142, 2005.

GONZÁLEZ, F. D. Indicadores sanguíneos do metabolismo mineral em ruminantes. In GONZÁLEZ, F.D.; BARCELLOS, J.; OSPINA, O.H.; RIBEIRO, L.O. (Eds.), **Perfil metabólico em ruminantes: seu uso e doenças nutricionais**. Porto Alegre: Grafica UFRS. p. 31-51. 2000.

GONZÁLEZ, F.H.D.; SILVA, S.C. **Introdução à bioquímica clínica animal**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003. 360p.

GRACE, N.D. Amounts and distribution of mineral elements associated with fleece freeempty body weight gains in grazing sheep. **Journal of Agricultural Research**, New Zealand, v. 26, p.59-70, 1983.

GRAHAM, T.W. Trace element deficiencies in cattle. **Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice**, v.7,n.1,p.153-215, 1991.

GREENHALGH, J.F.D. Recent studies on the body composition of ruminants. **Proceeding Nutrition Society**, London, v.45, n.1, p. 119-130, 1986.

GROTTO, H.Z.W. Metabolismo do ferro: uma revisão sobre os principais mecanismos envolvidos em sua homeostase. **Revista Brasileira de Hematologia e Hemoterapia**, v. 30, n. 5, p. 390-397, 2008.

GUYTON, A.C.; HALL, J.E. Tratado de fisiologia médica. 11<sup>a</sup> edição, Rio de Janeiro: Elsevier, p. 424-426. 2006.

HENRIQUE, W.; SAMPAIO, A.A.M.; LEME, P.R.; ALLEONI, G.F.; LANNA, D.P.D. Estimativa da Composição Química Corporal de Tourinhos Santa Gertrudes a partir da Composição Química e Física das 9-10-11a Costelas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.3, p.709-718, 2003.

HORST, R.L.; HOVE, K.; LITLEDIKE, E.T.; REINHARDT, T.A.; USKOKOVIC, M.R.; PARTRIDGE, J.J. Plasma concentrations of 1,25-dihydroxyvitamin D, 1,24R,25-trihydroxyvitamin D<sub>3</sub>, and 2,25,26-trihydroxyvitamin D<sub>3</sub> after their administration to dairy cows, **Journal Dairy Science**, v. 66, p. 1455-60. 1983.

HOUAISS, A.; VILLAR, M.S. **Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa**. 1. ed. Rio de Janeiro: Objetiva, p. 1293. 2009.

HUNGATE, R. E. **The rumen and its microbes**. New York: Academic Press. p. 346-347. 1966.

KLOPFENSTEIN, T.J.; ANGEL, R.; CROMWELL, G.; ERICKSON, G.E.; FOX, D.G. **Animal diet modification to decrease the potential for nitrogen and phosphorus pollution**. COUNCIL FOR AGRICULTURE SCIENCE AND TECHNOLOGY – CAST. Ames: 2002. 16p. (Publication, 21).

KURZ, W. **Nutritional Modulation of immunity and physiological responsis in beef calves**. Texas: A&M University Federal, 2004, 230 p.

LITTLE, D. A. **Utilization of minerals**. In: HACKER, J. B. (Ed.). Nutritional limits to animal production from pastures. Farnham Royal: CSIRO, 1984, p. 259-283.

LOPES, H.O.S.; TOMICH, T.R. Avanços recentes na nutrição mineral de bovinos. In: A PRODUÇÃO ANIMAL NA VISÃO DOS BRASILEIROS, **Anais...** Sociedade Brasileira de Zootecnia, Piracicaba: FEALQ, 2001. 927p.

MAHAN, B. M.; MYERS, R. J. **Química: um curso universitário**, Ed. Edgard Blucher LTDA, São Paulo – 2002.

MARTIN, L.C.T. **Nutrição Mineral de bovinos de corte**. São Paulo: Nobel, 1993. 173p.

MCDONALD, P.M.; EDWARDS, R.A.; GREENHALGH, J.F.D. **Animal Nutrition**. Harlow, UK: Pearson, 2002. 693p.

MCDOWELL, L. **Minerals in Animal and Human Nutrition**. New York: Academic Press. 1992. 524 p.

MCDOWELL, L. R. **Minerais para Ruminantes em Regiões Tropicais, Enfatizando o Brasil**. University of Florida. 3<sup>a</sup> edição, 1999. 92p.

MENDES, R.S.; SILVA, A.M.A.; SILVA, G.L.S. NÓBREGA, G.H.; LÔBO, K.M.; PEREIRA FILHO, J.M. Exigência líquida de zinco, cobre e ferro para cordeiros em pastejo no semiárido. **Acta Scientiarum. Animal Science**, v. 32, n. 3, p. 279-284, 2010.

MÉNDEZ, M. C. Intoxicação crônica por cobre. In: RIET-CORREA et al. **Doenças de ruminantes e equinos**. 2. ed. São Paulo: Varela. p.181-186. 2001.

MIRANDA, E.N.; QUEIROZ; A.C.; LANA, R.P.; MELLO, R.; GESUALDI JÚNIOR, A.; RESENDE, F.D.; ALLEONI, G.F. Composição corporal e exigências nutricionais de macrominerais de bovinos Caracu selecionados e Nelore selecionados ou não para peso ao sobreano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.3, p.1201-1211, 2006 (suplemento).

MJOUN, K.; KALSCHUR, K.F.; HIPPEN, A.R., SCHINGOETHE, D.J. Ruminant Phosphorus Disappearance from Corn and Soybean Feedstuffs. **Journal of Dairy Science**, v.91, p.3938-3946, 2008.

MODIN-EDMAN, A.K.; ÖBORN, I.; SVERDRUP, H. FARMFLOW. A dynamic model for phosphorus mass flow simulating conventional and organic management of a Swedish dairy farm. **Agricultural Systems**, v.94, p. 431-444, 2007.

MORAES, S.S.; TOKARNIA, C.H.; DÖBERENER, J. Deficiências e desequilíbrios de microelementos em bovinos e ovinos em algumas regiões do Brasil. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v.19, n.1, p. 19-33. 1999.

MORAES, S.S. **Importância da suplementação mineral para bovinos de corte**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2001. 27 p. - (Documentos 114)a.

MORAES, S.S. **Principais Deficiências Minerais em Bovinos de Corte**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2001. 27 21 p. - (Documentos 112)b.

MOTTA, V.B. Metabolismo mineral e ósseo. In: \_\_ **Bioquímica clínica para laboratório: Princípios e Interpretações**. MedBook, v.11. p.142-166. 2009.

NASCIMENTO, M; RIELLA, M. C.; VIEIRA, M. A. **Metabolismo do cálcio, fósforo e magnésio**. In: Miguel Carlos Riella. (Org.). Princípios de nefrologia e distúrbios hidroeletrólíticos. 4. ed.Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, v. 1, p. 213-237. 2003.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL- NRC. **Nutrient requirements of domestic animals: nutrient requirements of sheep**. Washington, 1985. 99 p

NATIONAL RESEARCH COUNCIL -NRC. **Nutrients requirements of beef cattle**. 7 ed. Washington, D.C. 1996. 242 p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7.rev.ed. Washinton, D.C.: 2001. 381p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL- NRC. **Mineral Tolerance of Domestic Animals**. Second Revised Edition. Washington, D.C.: National Academy of Sciences. 2005. 586 p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient Requirement of Small Ruminats: sheep, goats, cervids, and new world camelids**. Washington: National Academic of Science, 2007. 362p

NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de Bioquímica de Lehninger**, 5 ed., Porto Alegre: Artmed. 2011. 1274 p.

NICODEMO, M.L.F; LAURA, V.A. Elementos Minerais emForrageiras: Formas Químicas, Distribuição e Biodisponibilidade. Campo Grande: EMBRAPA-CNPGC, 2001. 39 p. (EMBRAPA – CNPCG, Documentos, n. 115).

NICODEMO, M.L.F.; MORAES, S.S. **Esclarecimentos sobre o uso de fontes alternativas de fósforo para bovinos**. Campo Grande: EMBRAPA-CNPGC, 2000. 4p. (EMBRAPA – CNPCG Boletim Técnico, n 37).

NSAHLAI, I.V; GOETSCH, A.L; LUO, J.; JOHNSON, Z.B.; MOORE, J.E.; SAHLU, T. FERRELI, C.L.; GALYEAN, M.L.; OWENS, F.N. Metabolizable energy requirements of lactating goats. **Small Ruminant Research**, v 53, p 253–273, 2004.

PATIÑO, P.R.; SILVA FILHO, J.; PEREZ, P.J. Exigências e Modelação da Cinética Metabólica de Cálcio y Fósforo em ovinos: revisão **Revista Colombiana Ciência Animal**, v. 4, n.1, p. 204-232. 2012.

PECHOVA, A.; PAVLATA, L.; LOKAJOVA, E. Zinc supplementation and somatic cell count in milk of dairy cows. **Acta Veterinária Brno**, v. 75, n. 3, p. 355- 361. 2006.

PEDREIRA, M.S; BERCHIELLI, T.T. Minerais. In: BERCHELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. **Nutrição de Ruminantes**. Jaboticabal: Funep, p. 333-353. 2006.

PEIXOTO, E. M. Elemento Químico: Cálcio. **Química Nova na Escola**, v.20, p.12. 2004.

PEREZ, J.R.O.; GERASEEV, L.C.; SANTOS, C.L. TEIXEIRA, J.C.; BONAGURIO, S. Composição corporal e exigências nutricionais de cálcio e fósforo de cordeiros Santa Inês em crescimento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 5, p. 815-822, 2001.

PFEFFER, E.; HRISTOV, A.N. **Nitrogen and Phosphorus Nutrition of Cattle: Reducing the Environmental Impact of Cattle Operations**. Cambridge, MA: CABI Publishing, 2005, 288p.

PRICE, J.; CHESTERS, J.K. A new bioassay for assessment of copper availability and its application in a study of the effect of molybdenum on the distribution of available Cu in ruminant digesta. **British Journal of Nutrition**, v. 53, p. 323-336. 1985.

QUARESMA, L.F. **Perfil da mineração de manganês - MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA – MME, Brasil. Relatório Técnico 19 -**, 2009. 40 p.

RESENDE, K.T.; FERNANDES, M.H.M.; TEIXEIRA, I.A.M.A. et al. Exigências nutricionais de caprinos e ovinos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42., 2005, Goiânia. Anais... Goiânia: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2005. p.114-135

RESENDE, K.T.; SILVA, H.G.O.; LIMA, L.D. Teixeira, I.A.M.A. Avaliação das exigências nutricionais de pequenos ruminantes pelos sistemas de alimentação recentemente publicados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.161-177, 2008. (suplemento especial).

RIELLA, M. C.; PACHALY, M. A. **Metabolismo do potássio**. In: Miguel Carlos Riella. (Org.). Princípios de nefrologia e distúrbios hidroeletrólíticos. 4 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, v. 1, p. 189-212. 2003.

SANTOS, C.L.; PÉREZ, J.R.O.; SIQUEIRA, E.R.; MUNIZ, J.A.; BONAGÚRIO, S. Crescimento Alométrico dos Tecidos Ósseo, Muscular e Adiposo na Carcaça de Cordeiros Santa Inês e Bergamácia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.2, p.493-498, 2001.

SCOTT, D. Control of phosphorus balance in ruminants. In: SATELLITE SYMPOSIUM OF THE INTERNATIONAL CONGRESS OF THE INTERNATIONAL UNION OF PHYSIOLOGICAL SCIENCES, 30, 1988, Publishing Associates, **Proceedings...** Ithaca: Comstock. p. 156-174. 1988.

SCOTT, D.; RAJARATNE, A. J.; BUCHAN, W. Factors affecting faecal endogenous phosphorus loss in the sheep. **Journal of Agricultural Science**, v.124, p. 145-151. 1995.

SHAHJALAL, M.; GALBRAITH, H.; TOPPS, J.H. The effect of changes in dietary protein and energy on growth, body composition and mohair fiber characteristics of British Angora goats. **Animal Production**, Edinburgh, v.51, n.3, p.405-412, 1992.

SHARPLEY, A.; FOY, B.; WITHERS, P. Control of Agricultural Phosphorus Losses to Water: an Overview. **Journal of Environmental Quality**. v.29, n.1, p.1-9. 2000.

SILVA, J.F.C. Exigências de macromelementos inorgânicos para bovinos: o sistema ARC/AFRC e a experiência no Brasil. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE RUMINANTES, 1995, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, p. 467-504. 1995.

SILVA, J.F.C. **Metodologia para determinação de exigências nutricionais de ovinos**. In: SILVA SOBRINHO, A.G.; BATISTA, A.M.V.; SIQUEIRA, E.R. et al. Nutrição de ovinos. Jaboticabal: FUNEP, p. 1-68. 1996.

SILVA FILHO, J.C.; LOPES, H.O.S.; PEREIRA, E.A. et al. Absorção Real do Fósforo do Fosfato Bicálcico, Fosfato de Monoamônio, Superfosfato Triplo e do Fosfato de Ureia em Bovinos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.21, n.1, p.1-6, 1992.

SOLAIMAN, S.G.; MALONEY, M.A.; QURESHI, M.A.; DAVIS, G.; D'ANDREA, G. Effects of high copper supplements on performance, health, plasma copper and enzymes in goats. **Small Ruminant Research**, v. 41, p. 127-139. 2001.

SOUTELLO, R.V.G.; MARIN, C.M.; TAVONE, A.; CARDOSO, J.F.; BARBOSA, M.C.; PEREIRA, R.C. Importância do fósforo na suplementação mineral de bovinos de corte. **Ciência Agrícola e Saúde**. FEA, Andradina, v. 3, n.1, p. 49 – 54, 2003

SOUZA, A.E.; FONSECA, D.S. Mineração para o Agronegócio - Fosfato. In: RODRIGUES, A.F.S. **Economia Mineral do Brasil**, Brasília-DF: DNPM, p. 546-568. 2009.

SPEARS, J.W. Reevaluation of the metabolic essentiality of the minerals – Review. **Asian-Australian Journal of Animal Science**, v. 12, n.6, p. 1002-1008, 1998.

SPEARS, J. W. Trace mineral bioavailability in ruminants. **Journal of Nutrition**, v. 133, p. 1506S–1509S, 2003.

SUTTLE, N.F. The interection between cooper, molybdenum and sulfur in ruminant nutrition. **Annual Review of Nutrition**, v.11, p. 121-140. 1991.

SUTTLE, N.F. **Mineral nutrition of livestock**. Cabi, 4 ed. 2010. 544p.

TAMMINGA, S. Pollution due to nutrient losses and its control in European animal production. **Livestock Production Science**, v.84, n.2, p.101-111, 2003.

TERNOUETH, J.H. Phosphorus and beef production in NorthernAustralia.3. Phosphorus in cattle - a review. **Tropical Grassland**, v.24, p.159-169, 1990.

TOKARNIA, C.H.; DÖBEREINER, J.; PEIXOTO, P.V. Deficiências minerais em animais de fazenda, principalmente bovinos em regime de campo. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v.20, n.3, p.127-138. 2000.

TRINDADE, I.A.C.M. **Composição corporal e exigências nutricionais em macrominerais de ovinos lanados e deslanados, em crescimento**. 2000. 66p. Tese (Mestrado)-Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP.

UNDERWOOD, E.J. **The mineral nutrition of livestock**. London: Academic, 1981. 111p.

UNDERWOOD, E. J., SUTTLE, N. F. **The mineral nutrition of livestock**. 3.ed. Oxon: CABI, 1999. 603p.

VALADARES FILHO, S.C.; MARCONDES, M.I.; CHIZZOTTI, M.L.; PAULINO, P.V.R. **Exigências nutricionais de zebuínos puros e cruzados**. BR-CORTE 2 ed, Viçosa:UFV, 2010. 193p.

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B.A. Symposium: Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v.74, p. 35-83, 1991.

VAN SOEST. **Nutritional ecology the ruminant**. Cornell University, 2. edition, 1994. 480p.

VASCONCELOS, J.T.; TEDESCHI, L.O.; FOX, D.G. Review: Feeding nitrogen and phosphorus in beef cattle feedlot production to mitigate environmental impacts. **Professional Animal Science**, v.23, n.1, p.8-17, 2007.

VÉRAS, A.S.C.; VALADARES FILHO, S.C. SILVA, J.F.C.; PAULINO, M.F.; CECON, P.R.; VALADARES, R.F.D.; FERREIRA, M.A.; SILVA, C.M.; SILVA, B.C. Predição da Composição Química Corporal de Bovinos Nelore e F1 Simental x Nelore a partir da Composição Química da Seção Hankins e Howe (Seção HH). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.3, p.1112-1119, 2001 (Suplemento 1).

VITTI, D.M.; KEBREAB, E.; LOPES, J.B. ABDALLA, A.L.; CARVALHO, F.F.; RESENDE, K.T.; CROMPTON, L.A.; FRANCE, J. Kinetic model of phosphorus metabolism in growing goats. **Journal of Animal Science**, v.78, n.10, p.2706-2716, 2000.

WANG, C.; BEEDE, D. K. Effects of ammonium chloride and sulfate on acid base status and calcium of dry jersey cows. **Journal of Dairy Science**, v.75, n.3, p. 820-828. 1992.

WELLS, N.H.; HALLFORD, D.M.; HERNANDEZ, J.A.; BOLLINGER, J.L.; PETERSEN, M.K.; McELYEA, U. Serum profiles in ewe lambs fed commercial feed with accidentally elevated copper and treated with calcium sulfate. **American Society of Animal Science**, v.51, p. 148-152, 2000.

WITT, K.E., OWES, F.M. Phosphorus ruminal availability and effects on digestion. **Journal of Animal Science**, v. 56, n.4, p. 930-937. 1983.

WU, Z.; SATTER L.D.; SOJO, R. Milk production, reproductive performance, and fecal excretion of phosphorus by dairy cows fed three amounts of phosphorus. **Journal of Dairy Science**, v.83, p.1028-1041, 2000.

WU, Z. People still are feeding too much phosphorus. **Hoard's Dairyman**, v.148, n.11, p.210, 2003.

## **2. EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE CÁLCIO, FÓSFORO E MAGNÉSIO DE FÊMEAS OVINAS CONFINADAS**

### **Nutritional requirements of calcium, phosphorus and magnesium of ewes maintained in feedlot**

Sandra Regina Goularte<sup>1</sup>, Maria da Graça Morais<sup>2</sup>, Henrique Jorge Fernandes<sup>3</sup>, Caroline Bertholini Ribeiro<sup>2</sup>, Andréa Roberto Duarte Lopes Souza<sup>2</sup>, Camila Celeste Brandão Ferreira Ítavo<sup>2</sup>, Gumercindo Lorian Franco<sup>2</sup>, Catherine Cecília Walker<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós-graduação em Ciência Animal, UFMS/Campo Grande. Bolsista FUNDECT/MS.e-mail: sandra.goularte@gmail.com

<sup>2</sup>FAMEZ, UFMS/Campo Grande

<sup>3</sup>Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, UEMS/Aquidauana

**Resumo:** Objetivou-se determinar as exigências dos macroelementos cálcio, fósforo e magnésio de fêmeas ovinas mestiças Texel, alimentadas com diferentes níveis de concentrado na dieta. Foram utilizados 30 animais, com peso médio inicial de 24,6 kg, mantidos em confinamento. Seis animais foram abatidos após o período de adaptação para obtenção de carcaças utilizadas como referência na determinação da composição corporal pelo método do abate comparativo. Os demais animais foram distribuídos em quatro tratamentos, alimentados com feno de capim Tifton triturado e quatro níveis de concentrado (20; 40; 60 e 80%), em delineamento inteiramente casualizado. Os animais foram abatidos quando atingiram 48 kg de peso. Os conteúdos de macroelementos minerais retidos no corpo foram estimados por meio de ajuste do modelo alométrico em função do peso do corpo vazio (PCVZ). As exigências líquidas dos macroelementos minerais, para ganho em PCVZ, foram estimadas a partir da derivação da equação de predição da composição corporal. A composição corporal do cálcio,

fósforo e magnésio variou entre 14,84 a 12,1 g kg<sup>-1</sup>, 5,36 a 5,25 g kg<sup>-1</sup>, 0,63 a 0,67 g kg<sup>-1</sup> do PCVZ, respectivamente. A variação observada das exigências líquidas diárias das fêmeas entre 20 e 50 kg PCVZ foram entre 11,5 e 9,4 g de Ca; 5,24 a 5,12 g de P e 0,68 a 0,72 g de Mg. A composição corporal de cálcio não é constante na composição do ganho de PCVZ como sugeridos pelos comitês. Para os requerimentos de cálcio pode-se utilizar a equação  $GMD \times 21,2252 \times PCVZ^{-0,2234}$  e para fósforo,  $GMD \times 5,6235 \times PCVZ^{-0,0239}$ , assim como para magnésio, a equação  $GMD \times 0,5503 \times PCVZ^{-0,0691}$ .

**Palavras-chave:** coeficiente de absorção, composição corporal, exigências minerais, macroelementos

### Introdução

Os estudos relacionados à nutrição mineral tem fundamental importância para avaliação de dietas de ruminantes, particularmente de ovinos, cujos resultados são escassos na literatura. Além de constituírem 4% do peso corporal, os minerais exercem funções vitais no organismo, com reflexos no desempenho animal (McDowel, 1999; Patiño et al., 2012), uma vez que são elementos inorgânicos sintetizados pelo organismo animal (Beede, 1991; NRC, 2007 Cabral, L. et al., 2008).

Dentre os elementos inorgânicos, destacam-se o cálcio, o fósforo e o magnésio, sendo os dois primeiros os principais, presentes no organismo animal, e são responsáveis pela formação do tecido ósseo, na forma de hidroxiapatita [ $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$ ] que tem a função de reservatório destes minerais, e que são mobilizados para manutenção dos níveis plasmáticos quando fornecidos em níveis insuficientes ou desbalanceados na dieta (Suttle, 2010).

O cálcio é importante para reações intracelulares (contração muscular, atividade celular nervosa, liberação de hormônios e ativação de certas enzimas) e extracelulares (coagulação sanguínea, a manutenção e estabilidade de membranas celulares) (Suttle, 2010). O fósforo é particularmente importante no metabolismo energético (fosfato), metabolismo dos carboidratos e das proteínas, sendo constituinte dos ácidos nucleicos (DNA e RNA) e das membranas celulares (fosfolipídios) No rúmen, o fósforo é requerido pelos microrganismos ruminais para digestão da celulose e síntese de proteína microbiana (González & Silva, 2003; Suttle, 2010).

O magnésio desempenha funções na atividade de muitas coenzimas, em reações que dependem de ATP, além de ser indispensável para fixação do cálcio nos ossos, podendo causar ou agravar quadros de hipocalcemia (McDowell, 1999; NRC, 2007).

Dessa forma, a produção, reprodução, imunidade e a sobrevivência animal podem ser afetadas quando os minerais estão abaixo ou acima da faixa recomendada devido à presença de antagonismos ou sinergismos entre eles. No entanto, diversos fatores podem interferir nas exigências minerais, como idade do animal, tamanho corporal, taxa de crescimento, estágio de gestação e atividade muscular, assim como fatores do meio ambiente, como temperatura, umidade, intensidade solar (Silva, 1996).

Em geral, o ajuste de dietas para ovinos tem como base o uso de tabelas estrangeiras, uma vez que as informações sobre exigências de minerais em condições brasileiras são escassas, principalmente para fêmeas, e suas determinações são trabalhosas e onerosas. Desse modo, é fundamental o estabelecimento de um protocolo nutricional que determine as exigências de minerais de fêmeas ovinas criadas em condições brasileiras, a fim de otimizar a utilização das fontes disponíveis para suplementação, visando o atendimento adequado dos requerimentos de minerais e tornar os sistemas de produção mais viáveis e eficientes.

Objetivou-se estimar as exigências de Ca, P e Mg em fêmeas ovinas confinadas.

### **Material e Métodos**

O experimento foi conduzido na Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande/MS, e as análises laboratoriais dos minerais realizadas pelo Laboratório de Solos da Embrapa Pantanal, Corumbá/MS e Laboratório de Nutrição Animal da UFMS.

Foram utilizadas 30 borregas lanadas mestiças Texel, com peso corporal em jejum (PCJ) inicial médio de  $24,6 \pm 3,3$  kg e idade média de  $6 \pm 1$  mês. Ao fim do período experimental os animais apresentaram o PCJ final médio de  $37,7 \pm 10,2$  kg. Os animais foram pesados e distribuídos aleatoriamente em cinco grupos, sendo um, destinado ao abate referência e os demais submetidos aos tratamentos contendo 20; 40; 60 e 80% concentrado em relação ao volumoso.

As dietas foram formuladas de acordo com o NRC (2007), para ganho de até 200 g diários, sendo utilizado feno de capim-Tifton 85 (*Cynodon spp.*) moído em peneira de 1 cm e concentrado (Tabela 1). Água e suplemento mineral estiveram disponíveis *ad libitum* aos animais, durante todo período experimental de 94 dias. Os alimentos foram fornecidos

individualmente duas vezes ao dia, as 8 e às 16 horas, e as sobras mantidas em torno de 10% para caracterizar o consumo ad libitum. O controle do consumo da dieta e do sal foi realizado diariamente com a pesagem do oferecido e das sobras.

Após um período de adaptação de 28 dias, foram realizados cinco ensaios de digestibilidade com intervalos de 13 dias (Ribeiro, 2011), com coleta total de fezes por período de 48 horas em cada ensaio, obtendo-se ao final, amostras compostas de fezes de cada animal, armazenadas em freezer para posteriores análises. As pesagens dos animais foram realizadas no início e final de cada ensaio de digestibilidade, com prévio jejum de sólidos de 16 horas, para obtenção do peso corporal em jejum (PCJ).

Durante os ensaios de digestibilidade, foram coletadas diariamente amostras dos alimentos fornecidos (feno, concentrado e suplemento mineral), assim como das respectivas sobras do dia anterior. Foram obtidas amostras compostas de cada material, por animal, em cada ensaio de 13 dias e armazenadas em freezer para posterior análise.

Tabela 1 Teores de nutrientes dos ingredientes e das dietas experimentais, em base de matéria seca.

Ingredientes (g kg <sup>-1</sup> MS) <sup>1</sup>				
Componentes	Feno de Tifton	Concentrado <sup>2</sup>	Ureia	Suplemento Mineral <sup>3</sup>
MS (g k <sup>-1</sup> MS)	923,9	903,8	980,0	987,0
MO (g k <sup>-1</sup> MS)	937,7	940,5	-	-
PB (g k <sup>-1</sup> MS)	106,5	278,8	2.820,2	-
EE (g k <sup>-1</sup> MS)	23,3	28,7	-	-
FDN (g k <sup>-1</sup> MS)	769,7	304,2	-	-
Lignina (g k <sup>-1</sup> MS)	52,0	4,6	-	-
CNF <sup>4</sup> (g k <sup>-1</sup> MS)	36,9	355,4	-	-
Ca (g k <sup>-1</sup> MS)	3,26	8,7	-	146,49
P (g k <sup>-1</sup> MS)	2,04	4,65	-	94,47
Mg (g k <sup>-1</sup> MS)	2,03	1,99	-	12,10
Dietas				
Componentes	Níveis de concentrado			
	20%	40%	60%	80%
MS (g k <sup>-1</sup> MS)	919,8	915,8	911,8	907,8
MO (g k <sup>-1</sup> MS)	938,3	938,8	939,4	939,9
PB (g k <sup>-1</sup> MS)	202,3	209,2	216,1	223,1
EE (g k <sup>-1</sup> MS)	24,4	25,4	26,5	27,6
FDN (g k <sup>-1</sup> MS)	676,6	583,5	490,4	397,3
Lignina (g k <sup>-1</sup> MS)	42,5	33,0	23,6	14,1
CNF (g k <sup>-1</sup> MS)	100,6	164,3	228,	291,7
Ca (g k <sup>-1</sup> MS)	4,35	5,44	6,52	7,61
P (g k <sup>-1</sup> MS)	2,56	3,08	3,61	4,13
Mg (g k <sup>-1</sup> MS)	2,03	2,01	2,00	1,99
Ca:P	1,7	1,76	1,81	1,84

Fonte: Ribeiro, 2011

<sup>1</sup>Matéria seca expressa em g/kg e demais componentes em gkg<sup>-1</sup>MS.

<sup>2</sup>Ingredientes: milho integral moído, farelo de soja, levedura seca de cervejaria, melaço de cana em pó, premix mineral vitamínico, fosfato bicálcico, carbonato de cálcio, bicarbonato de sódio e ureia.

<sup>3</sup>Suplementomineral comercial indicado para ovinos em crescimento. Níveis de garantia: Cálcio (mínimo/máximo) - 150 g/kg – 156 g/kg; Cobalto (mínimo) - 20 mg/kg; Cobre (mínimo) - 250 mg/kg; Enxofre (mínimo) - 50 g/kg; Flúor (máximo) - 900 mg/kg; Fósforo (mínimo) - 90 g/kg; Iodo (mínimo) - 28 mg/kg; Manganês (mínimo) - 600 mg/kg; Selênio (mínimo) - 9 mg/kg; Sódio (mínimo) - 72 g/kg; Zinco (mínimo) - 1800 mg/kg.

<sup>4</sup>Estimado pela equação proposta por Hall (2000):  $CNF = MO - (PB + EE + FDN - PB_{ureia} + Ureia)$ , sendo CNF - carboidratos não fibrosos, MO - matéria orgânica, PB - proteína bruta, EE - extrato etéreo e FDN - fibra em detergente neutro.

O abate dos animais foi realizado em duas etapas na EMBRAPA - Gado de Corte, sendo a etapa 1 representada pelo abate dos animais referências, realizado após período de adaptação. A etapa 2(abate final) foi realizada no momento em que os animais distribuídos no tratamento com 80% de concentrado atingiram PCJ médio de 48 kg, sendo abatidos todos os animais remanescentes de todos os tratamentos.

Durante o abate, os animais foram insensibilizados por concussão cerebral, com pistola de dardo cativo. Procedeu-se imediatamente o corte da carótida e da jugular, sendo todo o sangue coletado, pesado, amostrado e acondicionado em recipientes. Após a sangria, efetuou-se a esfola, evisceração e separação de cabeça e patas.

Foram pesados individualmente os órgãos internos (coração, pulmão/traqueia/esôfago, língua, baço, fígado/vesícula biliar vazia, rins, sistema reprodutivo, bexiga vazia e úbere), os componentes do trato gastrointestinal (TGI), vazios (rúmen/retículo, omaso, abomaso, intestino delgado e intestino grosso), a gordura renal, a gordura omental/mesentérica, a cabeça, os pés e o couro (pele e lã). O peso do corpo vazio (PCVZ) foi obtido por meio do somatório de todos os constituintes do corpo do animal. O total de órgãos foi obtido pela soma dos pesos de pulmão, coração, fígado, baço e rins. A gordura total da carcaça foi obtida pelo somatório da gordura intestinal, gordura mesentérica, gordura renal e gordura da carcaça.

Assim como o sangue, os demais componentes corporais não pertencentes à carcaça foram congelados.

A carcaça de cada animal foi pesada logo após o abate e, em seguida, resfriada em câmara fria a -4<sup>0</sup> C por 24 horas. Decorrido este tempo, a carcaça foi dividida em duas metades e pesadas. A meia-carcaça esquerda foi totalmente dissecada, tendo os componentes (osso, músculo e gordura) pesados separadamente, para determinação da composição física. Posteriormente, a gordura e os músculos foram moídos, quarteados e congelados.

Os ossos da carcaça foram serrados com serra fita em pequenos pedaços, assim como os tecidos da cabeça e dos pés, obtendo-se uma amostra composta de ossos (carcaça, cabeça e patas). Os órgãos internos e componentes do TGI foram moídos congelados, homogeneizados e quarteados, obtendo-se uma amostra composta (amostra de vísceras). As gorduras, renal e omental/mesentérica foram moídas separadamente. O couro foi tosquiado e então se procedeu à pesagem e amostragem da lã e da pele, separadamente. A amostragem da pele foi realizada retirando-se um quadrado de 20x20 cm, sendo 2/3 desta área retirados da parte dorsal e 1/3 da parte ventral do corpo do animal.

As amostras representativas dos componentes corporais foram pré-secas em estufa com circulação forçada de ar a 65<sup>0</sup> C por 72 horas e após, desengorduradas por 72 horas em éter de petróleo e posteriormente moídas em moinho de bola.

O sangue foi submetido ao mesmo procedimento de pré-secagem e moagem dos componentes corporais. Após a moagem, amostras de sangue foram homogeneizadas e pesadas sub amostras de 20g em cartuchos de papel para serem desengorduradas por 72 horas. Todas as amostras foram analisadas quanto aos teores de matéria seca (MS) e matéria mineral (MM), de acordo com metodologia proposta pela AOAC (1990).

As análises para determinação dos macrominerais nas amostras dos ingredientes da dieta, nas sobras da dieta e do sal, nas fezes e, na matéria seca desengordurada do corpo do animal, foram efetuadas por meio da digestão ácida da matéria mineral com ácido clorídrico em temperatura de 250<sup>0</sup> C. Para a digestão, foram adicionados 10 mL de HCl150%, até redução de 1/3 da solução, após foram adicionados 15 mL de HCl10%, até redução novamente a 1/3 do volume, obtendo-se, dessa forma, a solução mineral, a partir da qual foram feitas diluições em água deionizada, para determinação do cálcio, fósforo e magnésio. O fósforo foi determinado no Laboratório de Nutrição da FAMEZ-UFMS, conforme metodologia estabelecida pelo MAPA (1991). Para o teor de cálcio e magnésio as análises foram realizadas pelo Laboratório de Solos da Embrapa Pantanal, Corumbá, MS, por espectrofotometria de absorção atômica.

Para predição do conteúdo de cálcio e fósforo por quilo do peso do corpo vazio (PCVZ) dos animais, ajustou-se o modelo alométrico (Eq [1]) utilizando-se os dados dos animais referência e de cada nível de concentrado.

$$Min = a \times PCVZ^b \quad (1)$$

em que,

Min = conteúdo total do macromineral no corpo vazio;

a = intercepto;

PCVZ = peso do corpo vazio;

b = coeficiente de crescimento relativo

A equação alométrica ( $Min = a \times PCVZ^b$ ) permite realizar uma descrição quantitativa adequada dos depósitos dos minerais, a partir de sua concentração no corpo. O parâmetro “a” representa a proporção inicial de cálcio, fósforo ou magnésio no corpo, enquanto o “b” é o coeficiente de crescimento relativo (alométrico), ou seja, indica a velocidade relativa de acréscimo do mineral em relação ao crescimento médio do PCVZ do animal.

O efeito do nível de concentrado sobre os modelos alométricos foi avaliado utilizando-se uma variável Dummy, como sugerido por Regazzi (2003).

As exigências líquidas dos minerais para ganho de um quilo de peso do corpo vazio foram obtidas derivando-se a equação de predição do conteúdo corporal do animal (Eq [1]), em função do PCVZ (Eq [2]).

$$y = b \cdot a \cdot x^{(b-1)} \quad (2)$$

em que:

y = exigência líquida do mineral (g) por kg de ganho de PCVZ (kg);

a e b = parâmetros da equação alométrica de crescimento em função do PCVZ (Eq [1]);

x = PCVZ (kg).

O coeficiente de absorção aparente (CA) foi estimado calculando-se o total absorvido (diferença entre o total consumido e o total excretado) dividido pelo total ingerido. Avaliou-se o efeito linear e quadrático do nível de concentrado sobre o coeficiente de absorção dos minerais considerando-se um delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos (quatro níveis de concentrado) e seis repetições.

Utilizou-se o PROC GLM nas análises estatísticas e o PROC NLIN para ajuste de modelos, ambos do software SAS v.9.3 (SAS Institute Inc., Cary, CA, EUA), adotando-se nível de significância de 5% em todas as análises.

## **Resultados e Discussão**

Não houve diferenças significativas entre médias de consumo de suplemento mineral com o aumento da proporção de concentrado da dieta (Tabela 2).

Tabela 2 Consumo de macrominerais da matéria seca (MS) da dieta de fêmeas ovinas mestiças lanadas e confinadas.

Mineral (dieta +supl)	Níveis de Concentrado			
	20%	40%	60%	80%
Ca (g d <sup>-1</sup> )	15,75	15,71	16,15	15,42
P (g d <sup>-1</sup> )	8,87	8,91	9,21	8,86
Mg (gd <sup>-1</sup> )	4,6	4,7	5,0	2,2
MS (kgdia <sup>-1</sup> ) (Ribeiro, 2011)	1,20	1,22	1,30	1,38

A ingestão de Ca, P e Mg (g<sup>-1</sup>dia) foram similares entre tratamentos, indicando que, independentemente do tratamento, o consumo de matéria seca e suplemento mineral ocorreram para suprir as exigências de energia e minerais dos animais. Portanto, os animais com dieta de 20% de concentrado e 80% de feno consumiram mais suplemento mineral que os tratamentos com maiores teores de concentrado. Os valores de consumo de matéria seca obtidos nos tratamentos com 20; 40; 60 e 80% de concentrado não apresentaram efeito (P>0,05) do nível de concentrado das dietas sobre o consumo de matéria seca (Ribeiro, 2011).

Não houve efeito do nível de concentrado sobre a deposição de Ca, P ou de Mg no corpo dos animais, quando se comparou os modelos alométricos de crescimento (Tabela 3).

Tabela 3 Parâmetros das equações de crescimento alométrico e equações de predição das exigências líquidas de ganho do Ca, P e Mg no ganho do PCVZ de fêmeas ovinas mestiças lanadas e confinadas.

Mineral	Parâmetros <sup>1</sup>		Equações de exigência no ganho <sup>2</sup>
	a	b	
Ca	28,9920 ± 9,4729	0,7766 ± 0,0915	$GMD \times 21,2252 \times PCVZ^{-0,2234}$
P	5,7612 ± 1,0224	0,9761 ± 0,0496	$GMD \times 5,6235 \times PCVZ^{-0,0239}$
Mg	0,5148 ± 0,1301	1,0691 ± 0,0707	$GMD \times 0,5503 \times PCVZ^{-0,0691}$

<sup>1</sup>Equações de crescimento alométrico do tipo Min=a x PCVZ<sup>b</sup>. a= intercepto; b = coeficiente de regressão do conteúdo do mineral em função do PCVZ.

<sup>2</sup>Equações de predição das exigências líquidas (minerais absorvidos) para ganho de cada mineral. GMD = ganho médio diário dos animais.

A concentração de cálcio diminuiu gradativamente à medida que o PCVZ aumentou (Tabela 4). Estes resultados corroboram com alguns observados na literatura em ovinos (Geraseev et al., 2000; Baião et al., 2003; Cabral, P. et al., 2008); bovinos (Veloso et al., 2002; Paulino et al., 2004) e caprinos (Nóbrega et al., 2009). O ARC (1980) considera a composição de minerais no conteúdo corporal constante e independente do peso corporal.

Para que o conteúdo de Ca por unidade de peso se mantenha constante, faz-se necessário que os tecidos ósseo, muscular e adiposo sejam depositados na mesma proporção. O decréscimo de Ca com o aumento do PCVZ está associado à redução do ritmo de crescimento do tecido ósseo em relação ao crescimento dos tecidos muscular e adiposo à medida que houve aumento gradativo do peso dos animais.

Tabela 4 Concentrações de Ca, P e Mg no peso do corpo vazio (composição corporal) de fêmeas ovinas ( $\text{g kg}^{-1}$  PCVZ)

PC (kg) <sup>1</sup>	PCVZ (kg)	Mineral ( $\text{g kg}^{-1}$ PCVZ)		
		Ca	P	Mg
24	20	14,8466	5,3631	0,633
30	25	14,1247	5,3346	0,643
36	30	13,5609	5,3114	0,651
42	35	13,1019	5,2919	0,658
48	40	12,7168	5,2750	0,664
54	45	12,3866	5,2602	0,670
61	50	12,0984	5,2470	0,675

<sup>1</sup>PC = PCVZ x 1,21

Como 98% do Ca estão depositados no tecido ósseo (NRC, 1996; 2007) e com a estabilização do seu crescimento e deposição contínua de tecido adiposo à medida que os animais ganharam peso, provavelmente ocorreu redução da concentração de Ca no PCVZ, já que o conteúdo dos minerais no tecido adiposo é menor quando comparado aos demais tecidos (Cabral, L. et al., 2008; Patiño et al., 2012). Os dados corroboram as afirmações do AFRC (1991) e NRC (2007), que afirmam que o depósito de cálcio decresce com a maturidade dos animais, estabilização do crescimento do tecido ósseo.

Não houve alterações nas concentrações de fósforo e magnésio com o aumento do PCVZ. Os resultados podem estar associados à menor concentração destes minerais na matriz

óssea (80% para P e 70% para Mg) em relação ao cálcio (98%) e principalmente à presença destes em outros tecidos da carcaça (Suttle, 2010), particularmente o muscular e em menor escala o adiposo, que aumentam proporcionalmente ao PCVZ.

Embora os tecidos muscular e adiposo possuam menor concentração de P e Mg, o aumento da deposição destes tecidos com o avanço da maturidade dos animais contribui para manter suas concentrações mais estáveis na composição do ganho corporal compensando a deposição nos ossos (Cabral, P. et al., 2008).

Alguns estudos brasileiros (Trindade, 2000; Gerasevet al., 2001; Baião et al., 2004) verificaram concentração de Mg variando entre 0,4 a 0,6 g kg<sup>-1</sup> para cordeiros da raça Santa Inês entre 5 a 45 kg de peso corporal, valores próximos aos observados neste trabalho (Tabela 4).

As exigências líquidas de Ca, P e Mg para ganho de peso em fêmeas ovinas com 20 a 50 kg de PCVZ variaram entre 11,5 a 9,4 g de Ca; 5,2 a 5,1 g de P e 0,68 a 0,72 g de Mg por quilo de ganho PCVZ (Tabela 5).

Tabela 5 Exigências líquidas de Ca, P e Mg para o ganho de 1,0 kg de PCVZ em fêmeas ovinaslanadas confinadas

PC (kg)	PCVZ <sup>1</sup> (kg )	Mineral (g kg <sup>-1</sup> )		
		Ca	P	Mg
24	20	11,53	5,23	0,68
30	25	10,97	5,21	0,69
36	30	10,53	5,18	0,70
42	35	10,17	5,15	0,70
48	40	9,87	5,15	0,71
54	45	9,62	5,13	0,72
61	50	9,39	5,12	0,721

<sup>1</sup>PCVZ = PC/1,21

Estes resultados equivalem para Ca e estão próximos para P aos valores preconizados pelo AFRC (1991) e o NRC (2007) que consideram para animais com 30 kg, uma exigência de 9,06 g e 11,0 de Ca kg<sup>-1</sup> PC, de 5,48 e 6,0 g de P kg<sup>-1</sup> PC. Porém diferem para Mg, com teores superiores aos observados nas respectivas referências (0,41 g de Mg kg<sup>-1</sup>PC). As divergências observadas entre os resultados obtidos neste estudo e as recomendações apresentadas pelos sistemas AFRC e NRC para Mg ocorrem em decorrência destes sistemas se

basearem nas publicações do ARC (1980), que consideravam a concentração no ganho de peso vivo constante durante o crescimento do animal.

Quando avaliaram exigências de Ca, P e Mg em cordeiros machos inteiros da raça Santa Inês, Gerasseev et al. (1999; 2000; 2001) observaram valores próximos aos obtidos neste estudo, entre 10,78 e 9,39 g de Ca kg<sup>-1</sup>; de 4,94 e 4,31 g de P kg<sup>-1</sup> e 0,51 a 0,5 g de Mg kg<sup>-1</sup> para animais com 15 e 30 kg PCVZ. Perez et al. (2001) obtiveram valores próximos aos encontrados por Gerasseev et al. (1999) para exigência de P de ovinos da raça Santa Inês com aproximadamente 30 kg PCVZ (4,28 g kg<sup>-1</sup> de ganho).

Avaliando ordeiros cruzados de 20 e 40 kg PCVZ, Baião et al. (2003; 2004) verificaram exigências líquidas variando de 8,16 a 7,54 g Ca kg<sup>-1</sup> e 0,4 a 0,3 g Mg kg<sup>-1</sup>. Gonzaga Neto et al. (2005), utilizando cordeiros da raça Morada Nova, também encontraram valores próximos para Ca (10,75 a 9,32 g kg<sup>-1</sup> PCVZ) e mais elevados para P (6,32 a 5,57 g kg<sup>-1</sup> PCVZ), porém mais reduzidos para Mg (0,45 a 0,44 g kg<sup>-1</sup> PCVZ) quando o peso corporal dos animais foi de 15 a 25 kg.

De acordo com Silva (1995), as estimativas das exigências líquidas de minerais, como Ca e P, de diversos trabalhos conduzidos com bovinos no Brasil, diferiram em cerca de 100% dos valores propostos pelo AFRC (1991). As grandes oscilações dos resultados entre os trabalhos podem ser devido à influência de alguns fatores inerentes a cada experimento, como diferenças na dieta, composição do ganho, grupos genéticos, sexo, peso e idade dos animais (Baião et al., 2003).

Não foi observado efeito significativo ( $P > 0,05$ ) do nível de concentrado na dieta sobre os coeficientes de absorção aparente dos minerais Ca, P e Mg (Tabela 6).

Os coeficientes médios de absorção aparente, observados para o cálcio, o fósforo e o magnésio foram 0,60; 0,43 e 0,66, respectivamente. Estes valores diferem dos apresentados pelo ARC (1980) e pelo NRC (2007) que consideram coeficientes de absorção de 0,68; 0,72 e 0,17 para Ca, P e Mg, respectivamente.

Okoye et al. (1980) e Gerasseev et al. (2000) também obtiveram coeficientes de absorção aparente de P mais elevado em relação ao presente estudo, com valores de 0,57 e 0,55, respectivamente.

Tabela 6 Coeficientes de absorção aparente de Ca, P e Mg em fêmeas ovinas mestiças lanadas submetidas a diferentes níveis de concentrado na dieta.

Mineral	Níveis de concentrado na dieta (%)	Média	CV (%)	Valor P - efeito do nível de concentrado
---------	------------------------------------	-------	--------	--

	20	40	60	80			
Ca	0,65	0,63	0,51	0,60	0,60	16,85	0,1481
P	0,47	0,46	0,36	0,41	0,43	26,42	0,2014
Mg	0,63	0,67	0,65	0,7	0,66	11,17	0,2324

Estas diferenças entre os valores dos coeficientes de absorção podem ser associadas ao fato de que os experimentos foram realizados em condições tropicais, onde fontes de alimentos, de minerais e os valores de digestibilidade dos nutrientes são distintos dos utilizados em regiões de clima temperado, o que pode afetar de diversas formas a solubilidade dos minerais no trato gastrointestinal. Contudo, também existem os efeitos da idade, do sexo e do genótipo dos animais utilizados em cada estudo (Gerasevet al., 2000; Roque et al., 2006).

A disponibilidade do P das fontes alimentares também pode afetar os coeficientes de absorção, pois variam quanto à forma da molécula de fosfato. O fósforo presente em forrageiras é mais disponível para absorção (ortofosfatos) quando comparados ao P presente nos ingredientes do concentrado (metafosfatos) (Martim, 1993). Neste contexto, os animais receberiam maior aporte de Ca e menor de P (maior excreção fecal) disponível ao metabolismo visceral, que levaria a uma maior excreção renal de Ca para manter a normocalcemia. Fatores como a proporção de Ca:P, hormônios e interação com outros elementos também podem afetar os coeficientes de absorção destes minerais (Vitti & Kebreab, 2010).

Além dos fatores citados, os baixos coeficientes de absorção para Ca e P podem ocorrer quando as dietas contêm altas concentrações destes minerais (Scott et al., 1995). Essa premissa pode ser considerada para avaliação dos resultados obtidos, pois os níveis de Ca e P presentes no concentrado (Tabela 1) oferecido às fêmeas ovinas foram maiores que os valores encontrados no volumoso, contribuindo para ingestão de minerais acima dos requerimentos dos animais. Dessa forma, as ovelhas provavelmente aproveitaram somente a concentração necessária para o atendimento das suas exigências de minerais e, teriam excretado o excedente nas fezes (P) e na urina (Ca e P).

Com relação ao magnésio, o valor do coeficiente de absorção aparente foi bem superior ao preconizado (0,66 vs 0,17) pelo NRC (2007). Isto evidencia que possivelmente houve menor excreção fecal de Mg e sua maior retenção nos tecidos ósseo e muscular e nos fluidos extracelulares, justificando os níveis mais elevados deste elemento encontrados na composição corporal (Tabela 4). Segundo este comitê, o coeficiente de absorção de 0,17 foi

recomendado com intuito de fornecer maior margem de segurança para evitar “tetania das pastagens”, comum em ovelhas no pós-parto (sem suplementação) nas regiões onde foram realizadas as pesquisas.

Porém, no Brasil, não existe a ocorrência desta enfermidade em ovinos devido ao tipo de solo e manejo das forragens utilizadas. A absorção do magnésio também depende da concentração do magnésio solúvel na dieta, e esta solubilidade é maior em pH ruminal ácido (<6,5), comum em dietas com níveis elevados de concentrado (NRC, 2007). Porém, não houve efeito dos níveis de concentrado da dieta sobre os coeficientes de absorção aparente, mas os coeficientes de absorção podem ser alterados com a forma do elemento nos alimentos utilizados na dieta, inter-relações entre minerais, o consumo de MS, categoria animal e outros.

Os resultados contrastantes associados às variações no coeficiente de absorção podem também estar relacionados com as perdas endógenas, que estão associadas com consumo de MS maior ou menor, que afetam diretamente as exigências de manutenção de minerais (Valadares Filho et al., 2010; Patiño et al., 2012) e não foram consideradas neste trabalho. As perdas endógenas fecais de Ca, P e Mg podem variar de acordo com a quantidade de mineral ingerido, qualidade da dieta, potencial genético do animal e tipo de interação (sinérgica ou antagônica) entre os minerais no momento da absorção e utilização nos tecidos e desempenho animal (Bravo et al., 2003; Carvalho et al., 2003; Vitti & Kebreab, 2010).

Considerando os resultados obtidos neste trabalho, verificam-se aproximações ou contrastes quando se comparam com as tabelas de exigências dos diversos comitês (ARC, 1980; AFRC, 1991 e NRC, 2007) e que elas são devidas em grande parte pelo tipo de dieta e consumo de MS que resulta em coeficientes de absorção variáveis e que afetarão as exigências de manutenção e que a categoria animal (peso corporal, estágio de maturidade e potencial genético) exercerão variações na composição do ganho e conseqüentemente nas exigências líquidas de minerais para ganho e nas exigências dietéticas. Em vista do exposto, a melhor forma de expressar as exigências diárias de minerais seria em quantidade do macroelemento a ser ingerida por dia, considerando o ganho médio esperado e o PCVZ ou PC e não em função da MS ingerida. Assim ao formular os suplementos minerais, cautela seja feita, levando em consideração os fatores acima discutidos.

Considerando a característica multifatorial da nutrição mineral e a necessidade de incremento da produção animal de modo viável e ecologicamente correto, a suplementação não deveria embasar em suplementar com quantidades elevadas de minerais, mas sim, atender ao exigido, pois o animal dispõe de mecanismos homeostáticos e homeorréticos capazes de

manter os processos fisiológicos normais, sem risco de tornar os ruminantes como grandes poluidores ambientais via excreção dos elementos minerais ingeridos em excesso. E para elaboração de tabelas de requisitos minerais em condições brasileiras, mais estudos deveriam ser realizados para estabelecer os coeficientes de absorção aparente e verdadeiro dos minerais em dietas com ingredientes alimentares nacionais.

### Conclusão

A composição corporal de cálcio não é constante na composição do ganho de peso do corpo vazio como sugeridos pelos comitês de nutrição de ovinos. Os fatores que mais interferem no estabelecimento das exigências nutricionais de minerais são o coeficiente de absorção e a composição do ganho do PCVZ e eles são os responsáveis pelas variações encontradas ao se compararem com os níveis recomendados pelos diferentes comitês. A exigência líquida de fósforo para ganho de peso do corpo vazio em ovelhas mestiças lanadas pode ser determinada utilizando a equação  $GMD \times 5,6235 \times PCVZ^{-0,0239}$ . Para determinações dos requerimentos de cálcio, recomenda-se utilizar a equação  $GMD \times 21,2252 \times PCVZ^{-0,2234}$  e para magnésio,  $GMD \times 0,5503 \times PCVZ^{-0,0691}$ .

### Referências

- AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL – AFRC. Technical Committee on Responses to Nutrients, A reappraisal of the calcium and phosphorus requirements of sheep and cattle, **Nutrition Abstracts and Reviews Series**, v. 61, n.9, p.573- 612, 1991.
- AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL – ARC. **The nutrient requirements of ruminant livestock**: Technical review, London: Agricultural Research Council Working Party, 1980, 351p.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. **Official Methods of Analysis**, 15th edition, Arlington: Virginia, USA, 1990.
- BAIÃO, E.A.M.; PEREZ, J.R.O.; BAIÃO, A.A.F. et al. Composição corporal e exigências nutricionais de cálcio e fósforo para ganho em peso de cordeiros, **Ciência Agrotécnica**, v.27, n.6, p.1370-1379, 2003.
- BAIÃO, E.A.M.; PEREZ, J.R.O.; BAIÃO, A.A.F. et al. Composição corporal e exigências nutricionais de magnésio, potássio e sódio de cordeiros Santa Inês e seus cruzamentos com Bergamácia, Ile de France e Texel dos 15 aos 45 kg de peso vivo. **Ciência Agrotécnica**, v. 28, n. 1, p. 156-166, 2004.
- BEEDE, D. K. Mineral and water nutrition in dairy nutrition management, **Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice**, v, 7, n, 2, p, 373-390, 1991.
- BRAVO, D.; SAUVANT, D.; BOGAERT, C. et al. III: Quantitative aspects of phosphorus excretion in ruminants. **Reproduction and Nutrition Development**, v.43, p.285-300, 2003.

- CABRAL, L.S.; NEVES, E.M.O.; ZERVOUDAKIS, J.T. et al. Estimativas dos requisitos nutricionais de ovinos em condições brasileiras, *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v.9, n.3, p. 529-542, 2008.
- CABRAL, P.A.; SILVA, A.A.; SANTOS, E.J.M. et al. Composição corporal e exigências nutricionais em cálcio e fósforo de cordeiros Santa Inês no pastejo semiárido, *Acta Scientiarum Animal Science*, v.30, p. 59-65, 2008.
- CARVALHO, F.A.N.; BARBOSA, F.A.; MCDOWELL, L.R. **Nutrição de Bovinos a Pasto**. 1ª edição, Belo Horizonte: PapelForm, 2003. 428 p.
- GERASEEV, L.C.; PEREZ, J.R.O.; SANTOS, C.L. et al. Composição corporal e exigências nutricionais em cálcio fósforo para o ganho e manutenção de cordeiros Santa Inês dos 25 aos 35 kg de peso vivo, *Boletim de Indústria Animal – Instituto de Zootecnia*, v.56, n.1, p.75-84, 1999.
- GERASEEV, L.C.; PEREZ, J.R.O.; RESENDE, K.T.; et al. Composição Corporal e Exigências Nutricionais em Cálcio e Fósforo para Ganho e Manutenção de Cordeiros Santa Inês dos 15 kg aos 25 kg de Peso Vivo, *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 29, n.1, p.261-268, 2000.
- GERASEEV, L.C.; PEREZ, J.R.O.; SANTOS, C.L. et al. Composição corporal e exigências nutricionais em magnésio, potássio e sódio de cordeiros Santa Inês dos 25 aos 35 kg de peso vivo. *Ciência Agrotécnica*, v.25, n.2, p.386-395, 2001.
- GONZAGA NETO, S.; SILVA SOBRINHO, A.G.; RESENDE, K.T. ZEOLA, N.M.B.L.; SILVA, A.M.A.; MARQUES, C.A.T.; ROMBOLA, L.G. Composição Corporal e Exigências Nutricionais de Macrominerais para Cordeiros Morada Nova. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.34, n.6, p.2133-2142, 2005.
- GONZÁLEZ, F.H.D.; SILVA, S.C. **Introdução à bioquímica clínica animal**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003. 360p.
- HALL, M.B. **Calculation of non-structural carbohydrate content of feeds that contain non-protein nitrogen**, University of Florida, A25-A34, 2000, (Bulletin 339).
- MARTIN, L.C.T. **Nutrição Mineral de bovinos de corte**. São Paulo: Nobel, 1993. 173p.
- MCDOWELL, L. R. **Minerais para Ruminantes em Regiões Tropicais, Enfatizando o Brasil**, University of Florida, 3ª Ed. 1999, 92p.
- MINISTERIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, MAPA, **Portaria n, 108, de 04 de Setembro de 1991, "Métodos Analíticos para Controle de Alimentos para uso Animal"**, 1991.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL -NRC.**Nutrients requirements of beef cattle**.7 ed. Washington, D.C. 1996.242 p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC, **Nutrient Requirement of Small Ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids**, Washington: National Academic of Science, 2007, 362p.
- NÓBREGA, G.H.; SILVA, A.M.A.; PEREIRA FILHO, J.M. et al. Composição corporal e exigências de macrominerais para ganho de peso de caprinos em pastejo. *Acta Scientiarum, Animal Science*, v. 31, n. 1, p. 69-75, 2009.
- OKOYE, F.C.; UMUNNA, N.N.; CHINEME, C.N. Calcium and phosphorus requirements of growing yankasa lambs in the savanna region of Nigeria, Estimation of calcium and phosphorus requirements by the factorial method, *East African Agricultural and Forestry Journal*,v.45, n.4, p.269-76, 1980.
- PAULINO, P.V.R.; COSTA, M.A.L.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Exigências Nutricionais de Zebuínos: Minerais, *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.33, n.3, p.770-780, 2004.

- PATILHO, P.R.; SILVA FILHO, J.; PEREZ, P.J. Exigências e Modelação da Cinética Metabólica de Cálcio y Fósforo em ovinos: revisão. **Revista Colombiana Ciência Animal**, v. 4, n.1, p. 204-232, 2012.
- PEREZ, J.R.O.; GERASEEV, L.C.; SANTOS, C.L. et al. Composição corporal e exigências nutricionais de cálcio e fósforo de cordeiros Santa Inês em crescimento, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n.5, p. 815-822, 2001.
- REGAZZI, A. J. Teste para verificar a igualdade de parâmetros e a identidade de modelos de regressão não linear, **Revista Ceres**, v.50, p.9-26, 2003.
- RIBEIRO, C.B. **Exigência proteica em ovinas mestiças**, 2011, 77 p, Dissertação (Mestrado em Ciência Animal), Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2011.
- ROQUE, A.P.; DIAS, R.S.; VITTI, D.M.S.S. et al. True digestibility of calcium from sources used in finishing lamb diets, **Small Ruminant Research**, v.71, n.1, p.243-249, 2006.
- SCOTT, D.; RAJARATNE, A, J.; BUCHAN, W. Factors affecting faecal endogenous phosphorus loss in the sheep, **Journal of Agricultural Science**, v.124, p. 145-151, 1995.
- SILVA, J.F.C. Exigências de macroelementos inorgânicos para bovinos: o sistema ARC/AFRC e a experiência no Brasil. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE RUMINANTES, 1995, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, p. 467-504. 1995.
- SILVA, J.F.C. **Metodologia para determinação de exigências nutricionais de ovinos**. In: SILVA SOBRINHO, A.G.; BATISTA, A.M.V.; SIQUEIRA, E.R. et al. Nutrição de ovinos. Jaboticabal: FUNEP, p. 1-68. 1996.
- SUTTLE, N.F. **Mineral nutrition of livestock**. Cabi, 4 ed. 2010. 544p.
- TRINDADE, I.A.C.M. **Composição corporal e exigências nutricionais em macrominerais de ovinos lanados e deslanados, em crescimento**. 2000. 66p. Tese (Mestrado)- Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP.
- VALADARES FILHO, S.C.; MARCONDES, M.I.; CHIZZOTTI, M.L. et al. **Exigências nutricionais de zebuínos puros e cruzados**. BR-CORTE 2ed, Viçosa: UFV, 2010. 193p.
- VELOSO, C.M.; VALADARES FILHO, S.C.; GESULADI JÚNIOR, A. et al, Composição Corporal e Exigências Líquidas e Dietéticas de Macroelementos Minerais de Bovinos F1 Limousin x Nelore Não-Castrado, **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.3, p.1294-1301, 2002.
- VITTI, D.M.S.S.; KEBREAB, E. **Phosphorous and Calcium. Utilization and requirements in farm animals**. CABI, 2010.178 p.

### 3. EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE FERRO, MANGANÊS, ZINCO E COBRE DE FÊMEAS OVINAS CONFINADAS

#### Nutritional requirements of iron, manganese, zinc and cooper of ewes maintained infeedlot

Sandra Regina Goularte<sup>1</sup>, Maria da Graça Morais<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Doutoranda do Programa de Pós graduação em Ciência Animal, UFMS/Campo Grande. Bolsista FUNDECT/MS.e-mail: sandra.goularte@gmail.com

<sup>2</sup>Departamento de Zootecnia/FAMEZ, UFMS/Campo Grande

**Resumo:** O objetivo do presente estudo foi determinar as exigências dos microelementosferro, manganês, zinco e cobre de fêmeas ovinas mestiçasTexel, alimentadas com diferentes níveis de concentrado. Foram utilizados 30 animais, com peso médio inicial de 24,6 kg, mantidos em confinamento. Seis animais foram abatidos após o período de adaptação para obtenção de carcaças utilizadas como referência na determinação da composição corporal pelo método do abate comparativo. Os demais animais foram distribuídos em quatro tratamentos e alimentados com feno de capim Tifton triturado e quatro níveis de concentrado (20; 40; 60 e 80 %), base de MS consumida, em delineamento inteiramente casualizado. Os animais foram abatidos quando aqueles da dieta contendo 80% de concentrado atingiram 48 kg de peso corporal.Os conteúdos de macroelementos minerais retidos no corpo foram estimados por meio de ajuste do modelo alométrico em função do peso do corpo vazio (PCVZ). As exigências líquidas dos microelementos minerais, para ganho em PCVZ, foram estimadas a partir da derivação da equação de predição da composição corporal. As exigências líquidas para animais entre 20 e 50 kg PCVZ, variaram 15,36 a 18,94 mg de Fe; 0,19 a 0,18 mg para Mn; 5,56 a 7,95 mg para Zn e 0,93 a 1,42 mg de Cu por kg de ganho de peso do corpo vazio. A composição corporal variou de 125,07 a 154,23 mgkg<sup>-1</sup> para Fe, de 2,06 a 1,95 mg kg<sup>-1</sup> para Mn, de 40,06 a 57,23 mg kg<sup>-1</sup> para Zn e de 6,4 a 9,72 mg kg<sup>-1</sup> para Cu quando o PCVZ variou de 20 para 50 kg. Os coeficientes de absorção aparente observados foram de 0,35 para Fe; 0,49 para Mn; 0,55 para Zn e 0,47 para Cu. A concentração de Fe, Zn e Cu em fêmeas ovinas mestiças lanadas eleva com a medida que aumenta o PCVZ.O coeficiente de absorção aparente e a composição corporal são os fatores determinantes nos valores contrastantes entre os preconizados pelas tabelas de requisitos microminerais.

**Palavras-chave:**coeficiente de absorção, composição corporal, exigências minerais, microelementos,

**Abstract:** The objective of this study was to determine the nutritional requirements of trace elements iron, manganese, zinc and copper of Texel crossbred ewes, fed different dietary levels of concentrate. 30 animals were used, with initial body weight of 24.6 kg in feedlot. Six animals were slaughtered after the adaptation period to obtain carcasses used as a reference in determining body composition by the comparative slaughter method. The remaining animals were divided into four treatments, fed Tifton hay grass and four levels of concentrate (20, 40, 60 and 80%) of dietary dry matter intake in a completely randomized design. All the animals were slaughtered when that fed with 80% of concentrate reached 48 kg in weight. The contents of the trace minerals retained in the body were estimated by fitting the allometric model as a function of the empty body weight (EBW). Net requirement of trace minerals to gain in EBW were estimated from the derivation of body composition prediction equation. Net requirements for animals of 20 kg and 50 kg EBW ranged from 15.36 to 18.94 mg Fe, 0.19 to 0.18 mg Mn; 5.56 to 7.95 mg Zn and 0.93 mg to 1.42 mg Cu by kg weight gain of empty body. The body composition for iron ranged from 125.07 to 154.23 mg kg<sup>-1</sup> for Fe, 2.06 to 1.95 mg kg<sup>-1</sup> for Mn, 40.06 to 57.23 mg kg<sup>-1</sup> for Zn and 6.4 to 9.72 mg kg<sup>-1</sup> Cu when the EBW ranged 20 to 50 kg. The apparent absorption coefficients observed were 0.35 for Fe; 0.49 for Mn; 0.55 for Zn and 0.47 for Cu. The concentration of Fe, Zn and Cu in female crossbred sheep wool ewe increases with the measure increases the apparent absorption coefficient EBW. O and body composition are the determining factors in contrasting values between recommended by the trace mineral requirements tables.

**Key words:** absorption coefficient, body composition, net mineral requirement gain, traces elements

## Introdução

Os minerais são exigidos para importantes funções no corpo animal (Underwood & Suttle, 1999). Os microminerais, ou elementos traços, são distribuídos em todo corpo animal em pequenas quantidades, correspondendo a menos de 0,3% do total dos minerais depositados no corpo, no entanto, são de grande importância para manter o metabolismo celular normal nos animais (Suttle, 2010; Lee et al., 2002).

O cobre (Cu), zinco (Zn) e manganês (Mn) são microminerais que atuam em sistemas enzimática, melhorando a resposta imunológica e contribuindo para o aumento da resistência às infecções. Estes nutrientes impedem a ação deletéria de radicais livres, sendo classificados como antioxidantes de prevenção (Cortinhas, 2009). O ferro (Fe) é um componente essencial de proteínas que estão envolvidas no transporte ou utilização de oxigênio, como hemoglobina, mioglobina e citocromos. Cerca de 60% do Fe corporal está na forma de hemoglobina (Suttle, 2010).

As deficiências marginais dos microelementos são de difícil diagnóstico por não apresentarem sinais clínicos característicos e, geralmente, estão associadas às interações com vários outros minerais. De modo geral, a deficiência reflete nos índices zootécnicos resultando em baixo ganho de peso, alto índice de repetição de cio e abortos, afetando portanto o desempenho reprodutivo, a resposta imune dos animais (Smith & Akinbamiyo, 2000; Carvalho et al., 2003).

Determinando minerais como enxofre, molibdênio e ferro possuem habilidade de inibir/reduzir a eficiência do uso do Cu, Zn, Se e Mn, pois se ligam a esses no rúmen, diminuindo absorção. A toxicidade é outro problema potencial com alguns minerais, a exemplo do cobre em ovinos (NRC, 2007).

Conhecendo melhor as exigências minerais, pode-se melhorar a produtividade animal, porém, seu estabelecimento são condicionados por interações, como espécie, raça, nível de produção, idade, sexo, forma química em que se encontra o elemento e de reações sinérgicas e antagônicas entre eles (Silva, 1996).

Diante da escassez de informações, o NRC (2007) apresentou as exigências de alguns microelementos para ovinos, embasadas em resultados oriundos de ensaios de alimentação e/ou adaptados de valores obtidos com bovinos de leite (NRC, 2001), embora, ajustes tenham sido feito com base em outras estimativas e dados disponíveis para ovinos.

Objetivou-se, com este trabalho, estabelecer as exigências líquidas de Fe, Mn, Zn e Cu em borregas confinadas.

## **Materiais e Métodos**

O experimento foi conduzido na Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande/MS, e as análises laboratoriais

dos minerais realizadas pelo Laboratório de Solos da Embrapa Pantanal, Corumbá/MS e Laboratório de Nutrição Animal da UFMS.

Foram utilizadas 30 borregas lanadas mestiças Texel, com peso corporal em jejum (PCJ) inicial médio de  $24,6 \pm 3,3$  kg e idade média de  $6 \pm 1$  mês. Ao fim do período experimental os animais apresentaram o PCJ final médio de  $37,7 \pm 10,2$  kg. Os animais foram pesados e distribuídos aleatoriamente em cinco grupos, sendo um, destinado ao abate referência e os demais submetidos aos tratamentos contendo 20; 40; 60 e 80% concentrado em relação ao volumoso.

As dietas foram formuladas de acordo com o NRC (2007), para ganho de até 200 g diários, sendo utilizado feno de capim-Tifton 85 (*Cynodon spp.*) moído em peneira de 1 cm e concentrado (Tabela 1). Água e suplemento mineral estiveram disponíveis *ad libitum* aos animais, durante todo período experimental de 94 dias. Os alimentos foram fornecidos individualmente duas vezes ao dia, as 8 e às 16 horas, e as sobras mantidas em torno de 10% para caracterizar o consumo *ad libitum*. O controle do consumo da dieta e do sal foi realizado diariamente com a pesagem do oferecido e das sobras.

Após um período de adaptação de 28 dias, foram realizados cinco ensaios de digestibilidade com intervalos de 13 dias (Ribeiro, 2011), com coleta total de fezes por período de 48 horas em cada ensaio, obtendo-se ao final, amostras compostas de fezes de cada animal, armazenadas em freezer para posteriores análises. As pesagens dos animais foram realizadas no início e final de cada ensaio de digestibilidade, com prévio jejum de sólidos de 16 horas, para obtenção do peso corporal em jejum (PCJ).

Durante os ensaios de digestibilidade, foram coletadas diariamente amostras dos alimentos fornecidos (feno, concentrado e suplemento mineral), assim como das respectivas sobras do dia anterior. Foram obtidas amostras compostas de cada material, por animal, em cada ensaio de 13 dias e armazenadas em freezer para posterior análise.

O abate dos animais foi realizado em duas etapas na EMBRAPA - Gado de Corte, sendo a etapa 1 representada pelo abate dos animais referências, realizado após período de adaptação. A etapa 2(abate final) foi realizada no momento em que os animais distribuídos no tratamento com 80% de concentrado atingiram PCJ médio de 48 kg, sendo abatidos todos os animais remanescentes de todos os tratamentos.

Tabela 1 Teores de nutrientes dos ingredientes e das dietas experimentais, em base de matéria seca.

Ingredientes (g kg <sup>-1</sup> MS) <sup>1</sup>				
Componentes	Feno de Tifton	Concentrado <sup>2</sup>	Ureia	Suplemento Mineral <sup>3</sup>
MS (g k <sup>-1</sup> MS)	923,9	903,8	980,0	987,0
MO (g k <sup>-1</sup> MS)	937,7	940,5	-	-
PB (g k <sup>-1</sup> MS)	106,5	278,8	2.820,2	-
EE (g k <sup>-1</sup> MS)	23,3	28,7	-	-
FDN (g k <sup>-1</sup> MS)	769,7	304,2	-	-
Lignina (g k <sup>-1</sup> MS)	52,0	4,6	-	-
CNF <sup>4</sup> (g k <sup>-1</sup> MS)	36,9	355,4	-	-
Ca (g k <sup>-1</sup> MS)	3,26	8,7	-	146,49
P (g k <sup>-1</sup> MS)	2,04	4,65	-	94,47
Mg (g k <sup>-1</sup> MS)	2,03	1,99	-	12,10
Dietas				
Componentes	Níveis de concentrado			
	20%	40%	60%	80%
MS (g k <sup>-1</sup> MS)	919,8	915,8	911,8	907,8
MO (g k <sup>-1</sup> MS)	938,3	938,8	939,4	939,9
PB (g k <sup>-1</sup> MS)	202,3	209,2	216,1	223,1
EE (g k <sup>-1</sup> MS)	24,4	25,4	26,5	27,6
FDN (g k <sup>-1</sup> MS)	676,6	583,5	490,4	397,3
Lignina (g k <sup>-1</sup> MS)	42,5	33,0	23,6	14,1
CNF (g k <sup>-1</sup> MS)	100,6	164,3	228,	291,7
Fe (mg kg <sup>-1</sup> MS)	191,2	158,8	-	3.874,0
Mn (mg kg <sup>-1</sup> MS)	81,0	51,1	-	969
Zn (mg kg <sup>-1</sup> MS)	33,5	80,0	-	1.599,0
Cu (mg kg <sup>-1</sup> MS)	5,15	12,7	-	209,0

Fonte: Ribeiro, 2011

<sup>1</sup>Matéria seca expressa em g/kg e demais componentes em gkg<sup>-1</sup>MS.

<sup>2</sup>Ingredientes: milho integral moído, farelo de soja, levedura seca de cervejaria, melaço de cana em pó, premix mineral vitamínico, fosfato bicálcico, carbonato de cálcio, bicarbonato de sódio e ureia.

<sup>3</sup>Suplementomineral comercial indicado para ovinos em crescimento. Níveis de garantia: Cálcio (mínimo/máximo) - 150 g/kg – 156 g/kg; Cobalto (mínimo) - 20 mg/kg; Cobre (mínimo) - 250 mg/kg; Enxofre (mínimo) - 50 g/kg; Flúor (máximo) - 900 mg/kg; Fósforo (mínimo) - 90 g/kg; Iodo (mínimo) - 28 mg/kg; Manganês (mínimo) - 600 mg/kg; Selênio (mínimo) - 9 mg/kg; Sódio (mínimo) - 72 g/kg; Zinco (mínimo) - 1800 mg/kg.

<sup>4</sup>Estimado pela equação proposta por Hall (2000): CNF = MO – (PB + EE + FDN – PB<sub>ureia</sub> + Ureia), sendo CNF - carboidratos não fibrosos, MO - matéria orgânica, PB - proteína bruta, EE - extrato etéreo e FDN - fibra em detergente neutro.

Durante o abate, os animais foram insensibilizados por concussão cerebral, com pistola de dardo cativo. Procedeu-se imediatamente o corte da carótida e da jugular, sendo todo o

sangue coletado, pesado, amostrado e acondicionado em recipientes. Após a sangria, efetuou-se a esfolagem, evisceração e separação de cabeça e patas.

Foram pesados individualmente os órgãos internos (coração, pulmão/traqueia/esôfago, língua, baço, fígado/vesícula biliar vazia, rins, sistema reprodutivo, bexiga vazia e úbere), os componentes do trato gastrointestinal (TGI), vazios (rúmen/retículo, omaso, abomaso, intestino delgado e intestino grosso), a gordura renal, a gordura omental/mesentérica, a cabeça, os pés e o couro (pele e lã). O peso do corpo vazio (PCVZ) foi obtido por meio do somatório de todos os constituintes do corpo do animal. O total de órgãos foi obtido pela soma dos pesos de pulmão, coração, fígado, baço e rins. A gordura total da carcaça foi obtida pelo somatório da gordura intestinal, gordura mesentérica, gordura renal e gordura da carcaça.

Assim como o sangue, os demais componentes corporais não pertencentes à carcaça foram congelados.

A carcaça de cada animal foi pesada logo após o abate e, em seguida, resfriada em câmara fria a  $-4^{\circ}\text{C}$  por 24 horas. Decorrido este tempo, a carcaça foi dividida em duas metades e pesadas. A meia-carcaça esquerda foi totalmente dissecada, tendo os componentes (osso, músculo e gordura) pesados separadamente, para determinação da composição física. Posteriormente, a gordura e os músculos foram moídos, quarteados e congelados.

Os ossos da carcaça foram serrados com serra fita em pequenos pedaços, assim como os tecidos da cabeça e dos pés, obtendo-se uma amostra composta de ossos (carcaça, cabeça e patas). Os órgãos internos e componentes do TGI foram moídos congelados, homogeneizados e quarteados, obtendo-se uma amostra composta (amostra de vísceras). As gorduras, renal e omental/mesentérica foram moídas separadamente. O couro foi tosquiado e então se procedeu à pesagem e amostragem da lã e da pele, separadamente. A amostragem da pele foi realizada retirando-se um quadrado de 20x20 cm, sendo 2/3 desta área retirados da parte dorsal e 1/3 da parte ventral do corpo do animal.

As amostras representativas dos componentes corporais foram pré-secas em estufa com circulação forçada de ar a  $65^{\circ}\text{C}$  por 72 horas e após, desengorduradas por 72 horas em éter de petróleo e posteriormente moídas em moinho de bola.

O sangue foi submetido ao mesmo procedimento de pré-secagem e moagem dos componentes corporais. Após a moagem, amostras de sangue foram homogeneizadas e pesadas sub amostras de 20g em cartuchos de papel para serem desengorduradas por 72 horas. Todas as amostras foram analisadas quanto aos teores de matéria seca (MS) e matéria mineral (MM), de acordo com metodologia proposta pela AOAC (1990).

As análises para determinação dos microminerais nas amostras dos ingredientes da dieta, nas sobras da dieta e do sal, nas fezes e, na matéria seca desengordurada do corpo do animal, foram efetuadas por meio da digestão ácida da MM com ácido clorídrico em temperatura de 250<sup>0</sup> C. Para a digestão, foram adicionados 10 mL de HCl150%, até a redução de 1/3 da solução, após foram adicionados 15 mL de HCl10%, até redução novamente a 1/3 do volume, obtendo-se, dessa forma, a solução mineral, a partir da qual foram feitas diluições em água deionizada, para determinação do ferro, manganês, zinco e cobre. As análises foram realizadas pelo Laboratório de Solos da Embrapa Pantanal, Corumbá, MS, por espectrofotometria de absorção atômica.

Para predição do conteúdo de ferro, manganês, zinco e cobre por quilo do peso do corpo vazio (PCVZ) dos animais, ajustou-se o modelo alométrico (Eq [1]) para cada nível de concentrado.

$$Min = a \times PCVZ^b \quad (1)$$

em que,

Min = conteúdo total do micro mineral no corpo vazio;

PCVZ = peso do corpo vazio;

a e b = parâmetros do modelo

A equação alométrica (Min=a. PCVZ<sup>b</sup>) permite realizar uma descrição quantitativa adequada dos depósitos dos minerais, a partir da proporção de concentrado na dieta. O parâmetro “a” representa a proporção inicial de Fe, Mn, Zn ou Cu no corpo, enquanto o “b” é o coeficiente de crescimento relativo (alométrico), ou seja, indica a velocidade relativa de acréscimo de cada mineral em relação ao crescimento do PCVZ do animal.

O efeito do nível de concentrado sobre os modelos alométricos foi avaliado utilizando-se uma variável Dummy, como sugerido por Regazzi (2003).

As exigências líquidas para ganho de peso do corpo vazio foram obtidas derivando-se a equação de predição do conteúdo corporal do animal (Eq [1]), em função do PCVZ (Eq [2]).

$$y = b. a. x^{(b-1)} \quad (2)$$

em que:

y = exigência líquida de ganho do mineral (g) por kg de ganho de PCVZ (kg);

a e b = parâmetros da equação alométrica de crescimento em função do PCVZ (Eq [1]);

PCVZ = peso do corpo vazio

O coeficiente de absorção aparente (CA) foi estimado calculando-se o total absorvido (diferença entre o total consumido e o total excretado) dividido pelo total ingerido. Avaliou-se o efeito linear e quadrático do nível de concentrado sobre o coeficiente de absorção dos minerais considerando-se um delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos (quatro níveis de concentrado) e seis repetições.

Utilizou-se o PROC GLM nas análises estatísticas e o PROC NLIN para ajuste de modelos, ambos do software SAS v.9.3 (SAS Institute Inc., Cary, CA, EUA), adotando-se nível de significância de 5% em todas as análises.

## Resultados e Discussão

A comparação dos modelos alométricos de crescimento não mostrou efeito ( $P > 0,05$ ) do nível de concentrado sobre a deposição de Fe, Mn, Zn e Cu no corpo vazio dos animais (Tabela 2).

Tabela 2 Parâmetros estimados e erros padrão das equações de crescimento alométrico e equações para predição das exigências líquidas do Fe, Mn, Zn e Cu para ganho de PCVZ em fêmeas ovinas mestiças lanadas e confinadas.

Mineral	Parâmetros <sup>1</sup>		Equações das exigências de ganho <sup>2</sup>
	a	b	
Fe	63,038 ± 31,457	1,229 ± 0,139	$GMD \times 77,455 \times PCVZ^{0,229}$
Mn	2,519 ± 1,544	0,934 ± 0,172	$GMD \times 2,352 \times PCVZ^{-0,066}$
Zn	12,486 ± 4,682	3,538 ± 0,426	$GMD \times 17,345 \times PCVZ^{0,389}$
Cu	1,626 ± 1,504	1,457 ± 0,256	$GMD \times 2,369 \times PCVZ^{0,457}$

<sup>1</sup>Equações de crescimento alométrico do tipo  $Min = a \times PCVZ^b$ .

<sup>2</sup>Equações de predição das exigências líquidas (minerais retidos) para ganho de PCVZ de cada micromineral. GMD = ganho médio diário

As concentrações de ferro, zinco e cobre, aumentaram gradativamente à medida que o PCVZ aumentou (Tabela 3). O conteúdo corporal de microminerais em fêmeas ovinas, estimado pelas equações, variou de 125,07 a 154,23 mg kg<sup>-1</sup> de Fe; 40,06 a 57,23 mg kg<sup>-1</sup> de Zn e 6,4 a 9,73 mg kg<sup>-1</sup> de Cu, para animais entre 20 a 50 kg PCVZ. Estes resultados diferem aos obtidos por Mendes et al. (2010), que relataram valores entre 133,44 a 126,98 mg kg<sup>-1</sup> de

Fe; 60,26 a 76,37 mg kg<sup>-1</sup> de Zn; 10,78 a 16,72 mg kg<sup>-1</sup> de Cu, respectivamente, quando avaliaram ovinos Santa Inês, com pesos entre 15 e 22 kg PCVZ.

Tabela 3 Concentrações de Fe, Mn, Zn e Cu no peso do corpo vazio de fêmeas ovinas mestiças confinadas (mgkg<sup>-1</sup> PCVZ).

PCVZ (kg)	Mineral (mg kg <sup>-1</sup> PCVZ)			
	Fe	Mn	Zn	Cu
20	125,069	2,066	40,066	6,398
25	131,617	2,036	43,701	7,085
30	137,221	2,012	46,915	7,701
35	142,145	1,991	49,815	8,263
40	146,553	1,974	52,473	8,783
45	150,554	1,959	54,934	9,269
50	154,226	1,945	57,234	9,727

Os microminerais estão amplamente distribuídos no corpo do animal, e, estão depositados em órgãos e/ou fluidos corporais específicos em pequenas quantidades. Dentre os órgãos, destaca-seo fígado, pâncreas, baço, rins e coração. O sangue também representa elevada fonte de microminerais, a exemplo do Fe (cerca de 60% deste mineral no corpo está na forma dehemoglobina) (Underwood&Suttle, 1999; Suttle, 2010).

Portanto, para animais jovens e em desenvolvimento, podem-se esperar aumentos nas concentrações corporais destes elementos à medida que ocorre aumento do peso do corpovazio, devido ao aumento proporcional destes órgãos. Entretanto, como estes microelementos representam um percentual muito reduzido do peso corporal, essas diferenças podem não ser significativas.

As concentrações de manganês no PCVZ não variaram significativamente com pesos entre 20 e 50 kg PCVZ. Araújo et al. (2010) por outro lado, observaram aumento proporcional dos valores de Mn com o aumento do peso dos animais de 0,86 para 1,09 mg kg<sup>-1</sup> PCVZ, para pesos corporais de 15 a 25 kg, quando avaliaram caprinos da raça Moxotó em pastagem. Bellof&Pallauf (2007) também verificaram aumento na concentração corporal de Mn em ovinos, com valores de 0,51 a 0,79 mg kg<sup>-1</sup>PCVZ, quando o PCVZ variou de 15 para 50 kg.

Segundo NRC (2007), não ocorre armazenamento de manganês no corpo e o acúmulo nos tecidos e fígado está em proporção direta com o consumo.

A concentração de manganês no corpo é baixa (0,5 – 3,9 mg kg<sup>-1</sup>PC), sendo regulada pelo coeficiente de absorção e depende da idade dos animais (Grace, 1983). Animais mais

novos absorvem melhor o Mn que os adultos devido sua importância na formação dos ossos (mucopolissacarídeos da matriz óssea).

As exigências líquidas dos microminerais para ganho variaram entre 153,7 a 189,5 mg de Fe; 1,93 a 1,82 mg de Mn; 55,7 a 79,5 mg de Zn e 9,32 a 14,17 mg de Cu por quilo de PCVZ, para animais com pesos entre 24 e 54 kg. Em cordeiros Santa Inês com pesos entre 20 e 30 kg, Mendes et al. (2010) observou variações de 95 a 120,4 mg Zn e 22,3 a 34,6 mg Cu kg<sup>-1</sup> PCVZ, valores mais altos que os observados no presente trabalho para animais com 30 kg.

As exigências líquidas de Zn e Fe para animais em crescimento, apresentadas pelo NRC (2007) são de 24 mg e 55 mg kg<sup>-1</sup> de ganho de peso, respectivamente, sendo estas inferiores aos apresentados neste estudo. Contudo, a deposição na lã, segundo ARC (1980) para Zn é de 125 mg kg<sup>-1</sup> de velo, e para Fe, 30 mg kg<sup>-1</sup> de velo, o que pode elevar as exigências destes minerais.

A quantidade de Mn depositado no ganho em peso foi estimada em 0,47 mg kg<sup>-1</sup> de ganho, para ovinos pelo NRC (2007). Os dados gerados na presente pesquisa (1,93 a 1,82 mg kg<sup>-1</sup> ganho) foram mais elevados quando comparadas à daquele comitê, devido a maior deposição no PCVZ (Tabela 3).

Não foi observado efeito do nível de concentrado na dieta sobre a disponibilidade do ferro, mas para os demais elementos, observou-se efeito quadrático, com tendência a diminuição dos coeficientes de absorção aparente para Zn e Cu, quando os animais receberam maiores níveis de concentrado na dieta (Tabela 4). Já para o Mn, observou-se efeito inverso. Estas discrepâncias vão refletir nas exigências líquidas de manutenção e de ganho.

Os coeficientes de absorção aparente encontrados neste trabalho (média de 0,35 para Fe; 0,49 para Mn; 0,55 para Zn e 0,47 para Cu) foram superiores aos sugeridos pelo NRC (2007), que sugerem coeficiente de absorção verdadeiro para cordeiro em crescimento (0,19 para Fe; 0,0075 para Mn; 0,15 para Zn e 0,06 para Cu).

Tabela 4 Coeficientes de absorção aparente (%) de Fe, Mn, Zn e Cu em diferentes níveis de concentrado na dieta de fêmeas ovinas mestiças confinadas.

Mineral	Níveis de concentrado na dieta (%)				Média	CV (%)	Valor P - efeito do nível de concentrado
	20	40	60	80			
Fe	0,3586	0,4203	0,2459	0,3709	0,35	38,68	0,5347
Mn	0,3834	0,4864	0,4637	0,6275	0,49	21,58	0,0022

Zn	0,6461	0,6120	0,4384	0,4982	0,55	18,2	0,0028
Cu	0,6285	0,5401	0,3183	0,3830	0,47	30,3	0,0021

Estas diferenças entre os valores dos coeficientes de absorção podem ser consequência das diferenças entre os alimentos e fontes minerais utilizados, assim como dos efeitos das condições experimentais, idade, sexo e genótipo dos animais (Geraseev et al., 2000; Roque et al., 2006) e as interações entre estes minerais.

É possível observar que o coeficiente de absorção do Mn foi menor (0,38) quando a dieta continha 80% de volumoso, pois o feno contém maior quantidade do mineral quando comparado aos grãos contidos nas dietas com 80% de concentrado (0,63). Para os minerais Zn e Cu houve efeito inverso, pois a dieta com maior proporção de volumoso (80%), que contém menores níveis destes elementos minerais em relação aos grãos, resultou em maior coeficiente de absorção (0,64 para Zn e 0,63 para Cu) em comparação com a dieta de 80% concentrado (0,50 para Zn e 0,38 para Cu).

É importante ressaltar que os resultados divergentes na literatura, especialmente os obtidos em trabalhos brasileiros de exigência mineral, foram feitos com machos e com condições das dietas distintas daquelas de clima temperado.

O manganês é considerado um elemento que possui muito pouca absorção pelo organismo, sendo relatados valores abaixo de 1% (NRC, 1996). Alguns resultados de pesquisas apontaram um coeficiente de absorção para ruminantes entre 0,005 a 0,07, sendo que a maior parte do Mn absorvido é removida no fígado e excretada pela bile, e, subsequentemente pelas fezes (CSIRO, 2007).

No entanto, os valores de coeficiente de absorção de Mn apresentados na Tabela 4 são mais elevados dos que os citados na literatura, provavelmente devido aos elevados teores na dieta (alto teor no feno) e à característica do solo da região dos cerrados, que apresenta maior disponibilidade do Mn por ter pH baixo de 6,0 (Moraes, 2001). Solos ácidos costumam possuir maior teor de alumínio, que inibe a disponibilidade de vários minerais, mas aumenta a disponibilidade de Mn (NRC, 2007).

Por outro lado, a absorção do ferro depende diretamente da necessidade do animal, sendo maior em animais ou dietas com baixos teores de Fe (NRC, 2007). Os solos do Brasil apresentam elevados teores de Fe, proporcionando conteúdos que variam de 70 a 500 mg kg<sup>-1</sup> nas forragens (Pedreira&Berchielli, 2006).

Portanto, as forragens atendem às exigências dos animais e em alguns casos, podem apresentar problemas nutricionais pelo excesso do que pela deficiência. Um efeito deletério do

excesso de ferro é a formação de complexos insolúveis com o fósforo no rúmen. Normalmente, no Brasil, o ferro é considerado elemento contaminante dos ingredientes de suplementos minerais (Morais, 2001), o que pode ser observado na Tabela 1.

O ferro, assim como enxofre e molibdênio pode inibir a eficiência de absorção de Cu e Zn, ligando-se a esses elementos no rúmen, diminuindo a biodisponibilidade dos mesmos (Suttle, 2010). Este fato pode indicar os baixos dos coeficientes de absorção apresentados na Tabela 5.

Quanto à absorção do cobre, esta pode ser influenciada pela presença de alguns microrganismos ruminais (protozoários), assim como altos teores de enxofre e molibdênio, que formam sulfetos e molibdato, tornando o Cu não disponível (Suttle, 1991). Segundo Moraes (2001), o Mg compete com o Cu pelos mesmos sítios de absorção. Por isso, dietas com alto concentrado podem aumentar a absorção ruminal de Mg (pela diminuição pH) e, indiretamente, diminuir a absorção de Cu, podendo esta ação estar relacionada aos menores coeficientes de absorção com os teores mais altos de concentrado.

As exigências em microminerais para o ganho, estimadas nessa pesquisa, foram maiores que as recomendações feitas pelo NRC (2007). É preciso destacar que as diferenças observadas nas estimativas desses minerais, quando comparados com os valores propostos pelo ARC (1980) e NRC (2007), devem-se provavelmente, às diferenças na composição corporal das fêmeas estudadas, resultante de diferentes coeficientes de absorção, bem como das oscilações das perdas endógenas nas estimativas de manutenção. Estes resultados contrastantes entre autores e comitê de recomendações evidenciam a natureza multifatorial dos trabalhos de estabelecimento dos requisitos minerais associado aos erros analíticos de pequenas concentrações destes microelementos nas amostras dos componentes corporais.

## Conclusão

A concentração de Fe, Zn e Cu em fêmeas ovinas mestiças lanada se eleva à medida que aumenta o PCVZ.

O coeficiente de absorção aparente e a composição corporal são os fatores determinantes nos valores contrastantes entre os preconizados pelas tabelas de requisitos de microminerais.

Sugere-se uso das seguintes equações para calcular as exigências líquidas de ganho do PCVZ:  $GMD \times 77,455 \times PCVZ^{0,22878}$  para o ferro;  $GMD \times 2,3524 \times PCVZ^{-0,06618}$  para

manganês;  $GMD \times 17,3451 \times PCVZ^{0,3892}$  para o zinco;  $GMD \times 2,3698 \times PCVZ^{0,4572}$  para o cobre.

## Referências

- AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL – ARC. **The nutrient requirements of ruminant livestock**: Technical review, London: Agricultural Research Council Working Party, 1980, 351p.
- ARAÚJO, M.J.; MEDEIROS, A.N.; TEIXEIRA, I.A.M.A. et al. Mineral requirements for growth of Moxotó goats grazing in the semi-arid region of Brazil. **Small Ruminant Research**, v. 93, p. 1-9, 2010.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. **Official Methods of Analysis**, 15th edition, Arlington: Virginia, USA, 1990.
- BELLOF, G.; PALLAUF, J. Deposition of copper, iron, manganese and zinc in the empty body of growing lambs of the breed German Merino Landsheep. **Animal**, v.1, n. 6, p. 827–834. 2007.
- CARVALHO, F.A.N., BARBOSA, F.A., McDOWELL, L.R. **Nutrição de bovinos a pasto**. Belo Horizonte: Papelform, 2003. 438p.
- CORTINHAS, C.S.; BOTARO, B.G.; SUCUPIRA, M.C.A. ; RENNO, F.P.; SANTOS, M.V. Antioxidant enzymes and somatic cell count in dairy cows fed with organic source of zinc, copper and selenium. **Livestock Science**, V. 127, n. 1, p. 84-87. 2010.
- CSIRO - COMMONWEALTH SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH ORGANIZATION. **Nutrient requirements of domesticated ruminants**. Victoria: Australia Agricultural Council, CSIRO publications, 2007. 270 p.
- GERASEEV, L.C.; PEREZ, J.R.O.; RESENDE, K.T.; et al. Composição Corporal e Exigências Nutricionais em Cálcio e Fósforo para Ganho e Manutenção de Cordeiros Santa Inês dos 15 kg aos 25 kg de Peso Vivo, **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n.1, p.261-268, 2000.
- GRACE, N.D. Amounts and distribution of mineral elements associated with fleece-free body weight gains in grazing sheep. **New Zealand Journal Agriculture Research**, v.26, p.59-70. 1983.
- HALL, M.B. **Calculation of non-structural carbohydrate content of feeds that contain non-protein nitrogen**, University of Florida, 2000, A25-A34 (Bulletin 339).
- LEE, J.; KNOWLES, S.O.; JUDSON, G.J. **Trace-element and Vitamin Nutrition of Grazing Sheep**. 285 – 311. In. FREER, M.; DOVE, H. Sheep Nutrition. CAB International, 2002.
- MENDES, R.S.; SILVA, A.M.A.; SILVA, G.L.S. NÓBREGA, G.H.; LÔBO, K.M.; PEREIRA FILHO, J.M. Exigência líquida de zinco, cobre e ferro para cordeiros em pastejo no semiárido. **Acta Scientiarum Animal Science**, v. 32, n. 3, p. 279-284, 2010.
- MORAES, S.S **Principais Deficiências Minerais em Bovinos de Corte**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2001. 27p. - (Documentos 112).
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL -NRC. **Nutrients requirements of beef cattle**. 7 ed. Washington, D.C. 1996. 242 p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7.rev.ed. Washington, D.C.: 2001. 381p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC, **Nutrient Requirement of Small Ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids**, Washington: National Academic of Science, 2007, 362p.

- PEDREIRA, M.S.; BERCHIELLI, T.T. Minerais. In: BERCHELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. **Nutrição de Ruminantes**. Jaboticabal: Funep, p. 333-353. 2006.
- REGAZZI, A. J. Teste para verificar a igualdade de parâmetros e a identidade de modelos de regressão não-linear, **Revista Ceres**, v.50, p.9-26, 2003.
- RIBEIRO, C.B. **Exigência proteica em ovinas mestiças**, 2011, 77 p, Dissertação (Mestrado em Ciência Animal), Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2011.
- ROQUE, A.P.; DIAS, R.S.; VITTI, D.M.S.S. et al. True digestibility of calcium from sources used in finishing lamb diets, **Small Ruminant Research**, v.71, n.1, p.243-249, 2006.
- SILVA, J.F.C. **Metodologia para determinação de exigências nutricionais de ovinos**. In: SILVA SOBRINHO, A.G.; BATISTA, A.M.V.; SIQUEIRA, E.R. et al. **Nutrição de ovinos**. Jaboticabal: FUNEP, p. 1-68. 1996.
- SMITH, O.B., AKINBAMIJO, O.O. Micronutrients and reproduction in farm animals. **Animal Reproduction Science**, v. 60-61, p. 549-560, 2000.
- SUTTLE, N.F. The interection between cooper, molybdenum and sulfur in ruminant nutrition. **Annual Review of Nutrition**, v.11, p. 121-140. 1991.
- SUTTLE, N.F. **Mineral nutrition of livestock**. Cabi, 4 ed. 2010. 544p.
- UNDERWOOD, E. J., SUTTLE, N. F. **The mineral nutrition of livestock**. 3.ed. Oxon: CABI, 1999. 603p.