



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL**

Willy Requião da Silva

**TEORES DE COBRE E SEUS PRINCIPAIS  
ANTAGONISTAS EM OVINOS E CAPRINOS CRIADOS  
NOS MUNICÍPIOS DE JUAZEIRO E CASA NOVA -  
BAHIA**

Petrolina - PE  
2015

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL**

Willy Requião da Silva

**TEORES DE COBRE E SEUS PRINCIPAIS  
ANTAGONISTAS EM OVINOS E CAPRINOS CRIADOS  
NOS MUNICÍPIOS DE JUAZEIRO E CASA NOVA -  
BAHIA**

Trabalho apresentado à Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF, Campus de Ciências Agrárias, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Coutinho Antonelli

Petrolina - PE  
2015

	Silva, Willy Requião da
S586d	Teores de cobre e seus principais antagonistas em ovinos e caprinos criados nos municípios de Juazeiro e Casa Nova - Bahia / Willy Requião da Silva. -- Petrolina, PE, 2015.
	68 f.: il.
	Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus de Ciências Agrárias, PE, 2015.
	Orientador: Prof. Dr. Alexandre Coutinho Antonelli.
	1. Ovinos. 2. Caprinos. 3. Microminerais. 4. Cobre. I. Título. II. Universidade Federal do Vale do São Francisco.
	CDD 636.0877

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Integrado de Biblioteca  
SIBI/UNIVASF  
Bibliotecária: Ana Cleide Lucio



FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO  
COMITÊ DE ÉTICA E DEONTOLOGIA EM ESTUDOS E PESQUISAS - CEDEP

## CERTIFICADO

Certificamos que o projeto intitulado “DETERMINAÇÃO DOS TEORES DE COBRE E SEUS PRINCIPAIS ANTAGONISTAS EM PEQUENOS RUMINANTES CRIADOS NA REGIÃO DO SÃO FRANCISCO NA BAHIA”, Protocolo nº 0019/041011, sob a responsabilidade de ALEXANDRE COUTINHO ANTONELLI, está de acordo com os princípios éticos de experimentação animal adotados pelo Comitê de Ética e Deontologia em Estudos e Pesquisas da Universidade Federal do Vale do São Francisco.

(We certify that the Research “DETERMINATION OF COPPER LEVELS AND ITS MAIN ANTAGONISTS IN SMALL RUMINANTS RAISED IN SÃO FRANCISCO REGION IN BAHIA STATE, BRAZIL” protocol number 0019/041011, under the responsibility of ALEXANDRE COUTINHO ANTONELLI, is agree with Ethical Principles in Animal Research adopted by the Committee of Ethics and Deontology in Studies and Research of Universidade Federal do Vale do São Francisco.

Petrolina, 24 de abril de 2012.

---

Prof. Alexandre H. Reis  
Coordenador do Comitê de Ética e Deontologia em Estudos e Pesquisas  
UNIVASF

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL**

**FOLHA DE APROVAÇÃO**

Willy Requião da Silva

**TEORES DE COBRE E SEUS PRINCIPAIS ANTAGONISTAS EM  
OVINOS E CAPRINOS CRIADOS NOS MUNICÍPIOS DE  
JUAZEIRO E CASA NOVA - BAHIA**

Dissertação apresentada como  
requisito parcial para obtenção do  
título de Mestre em Ciências Animal,  
pela Universidade Federal do Vale  
do São Francisco.

Aprovado em: 24 de Agosto de 2015

---

Alexandre Coutinho Antonelli, Prof. Dr., UNIVASF

---

Daniel Ribeiro Menezes, Prof. Dr., UNIVASF

---

Fabio Nunes Lista, Prof. Dr., UNIVASF

**Dedico a Deus, minha família e amigos.**

## AGRADECIMENTOS

A **Deus** por me dar força e coragem para conquistar meus objetivos.

Agradeço a minha mãe **Maricela Requião da Silva** por todo o apoio durante minha vida nos momentos bons e difíceis.

Ao meu irmão **Iury Requião da Silva** pela compreensão e amizade.

Aos meus **filhos, afilhados e sobrinhos**.

À minha noiva **Helen Cristiane Lopes Pinto** pelo apoio.

Ao meu professor e orientador **Alexandre Coutinho Antonelli**, pela dedicação, ensinamentos e paciência.

Aos meus **professores** por me proporcionaram o conhecimento para ser um bom profissional.

Aos meus **amigos** e **colegas** por estarem sempre ao meu lado me aconselhando e incentivando para a realização dos meus objetivos.

À **Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES**, pela concessão de bolsa de mestrado, imprescindível ao desenvolvimento desta pesquisa.

À **Clara Satsuki Mori**, técnica de nível superior responsável pelo Laboratório de Doenças Nutricionais e Metabólicas da FMVZ-USP e ao **Prof. Dr. Enrico Lippi Ortolani** da FMVZ-USP pela realização das análises de minerais.

Ao **Prof. Dr. Augusto Miguel Nascimento Lima**, do CEAGRO-UNIVASF, pela orientação na amostragem de solo.

À **EMBRAPA-SEMIARIDO**, principalmente ao laboratório de solo pela realização das análises de solo.

À **direção do Abatedouro Almeida Ltda. - ABATAL** por permitir a utilização de suas dependências para a realização das coletas deste trabalho.

E principalmente a todos os **ovinos** e **caprinos**, que foram fundamentais para que este trabalho fosse realizado.

## RESUMO

Objetivou-se conhecer os teores de cobre, zinco, ferro e molibdênio em soro e fígado de pequenos ruminantes criados nos municípios de Casa Nova e Juazeiro, estado da Bahia, e verificar se há carência primária ou secundária de cobre. Foram avaliadas um total de 160 amostras de ovinos e caprinos de ambos os sexos, coletados no período seco e chuvoso. Os valores de cobre sérico para caprinos foi de  $13,8 \pm 0,3$   $\mu\text{mol/L}$  e para ovinos foi de  $12,2 \pm 0,4$   $\mu\text{mol/L}$ , enquanto que os teores hepáticos médios foram de 220 ppm para caprinos e 238 ppm para ovinos. Os valores de zinco sérico para caprinos foram de  $28,3 \pm 1,0$   $\mu\text{mol/L}$  e para ovinos foi de  $28,7 \pm 0,8$   $\mu\text{mol/L}$ , enquanto que os teores hepáticos médios foram de 99 ppm para caprinos e 92 ppm para ovinos. Os valores de ferro sérico para caprinos foi de  $61 \pm 3$   $\mu\text{mol/L}$  e para ovinos foi de  $64 \pm 2$   $\mu\text{mol/L}$ , enquanto que os teores hepáticos foram de 172 ppm para caprinos e 221 ppm para ovinos. E para os valores de molibdênio sérico e hepático ficaram para os caprinos e ovinos  $0,19 \pm 0,02$ ,  $0,25 \pm 0,02$   $\mu\text{mol/L}$  e  $2,5 \pm 0,2$  ppm  $2,5 \pm 0,1$  respectivamente. Os valores médios de cobre não indicam ocorrência de carência deste elemento nos pequenos ruminantes criados nos municípios estudados. Os teores de zinco encontravam-se dentro dos intervalos de normalidade, não sendo verificado a necessidade de suplementação extra deste mineral. Os teores de ferro sérico apresentavam-se bem elevados, contudo sem que houvesse interferência suficiente no metabolismo do cobre de forma a resultar em uma deficiência cúprica. E os valores de molibdênio encontravam dentro dos padrões de normalidade.

**Palavras-chave:** microminerais, fígado, soro, pequenos ruminantes, semiárido

## ABSTRACT

The aim of this research was to know the content of copper, zinc, iron and molybdenum in serum and liver of small ruminants raised in the cities of Casa Nova and Juazeiro, state of Bahia, and verify the occurrence of primary or secondary copper deficiency. It was evaluated a total of 160 samples of sheep and goats of both sexes collected in the dry and rainy season. The values for serum copper in goats was  $13.8 \pm 0.3 \mu\text{mol} / \text{L}$  and in sheep was  $12.2 \pm 0.4 \mu\text{mol} / \text{L}$ , while the mean liver concentration was 220 ppm for goats and 238 ppm for sheep. The serum zinc values for goats was  $28.3 \pm 1.0 \mu\text{mol} / \text{L}$  and for sheep was  $28.7 \pm 0.8 \mu\text{mol} / \text{L}$ , while the mean liver concentration was 99 ppm goats and 92 ppm for sheep. Serum iron values for goats was  $61 \pm 3 \mu\text{mol} / \text{L}$  and for sheep was  $64 \pm 2 \mu\text{mol} / \text{L}$ , while liver levels were 172 ppm for goats and 221 ppm for sheep. And for the serum and liver molybdenum values were for goats and sheep  $0.19 \pm 0.02$ ,  $0.25 \pm 0.02 \mu\text{mol} / \text{L}$  and  $2.5 \pm 0.2$   $2.5 \pm 0.1$  ppm respectively. Copper mean values do not indicate occurrence of copper deficiency in small ruminants raised in the cities studied. Zinc levels were within the normal values and are not found to require extra supplementation of this mineral. The serum iron levels were elevated, however it did not interfere in copper metabolism in order to result in a cupric deficiency. And the molybdenum values found within the normal range.

**Keywords:** microminerals, liver, serum, small ruminants, semiarid

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa destacando a microrregião de Juazeiro - BA. .... 18

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Referências sobre a situação do cobre em ruminantes, solos e pastagens no Brasil .....	34
---	----

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BA	Bahia
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono
Cu	Cobre
CuS	Sulfeto de cobre
Fe	Ferro
FeS	Sulfeto de ferro
FSH	Hormônio folículo estimulante
G	Força gravitacional
G	Gramas
g/dL	Gramas por decilitros
GPS	<i>Global Positioning System</i>
HCl	Acido clorídrico
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
LH	Hormônio luteinizante
Kg	Quilogramas
km <sup>2</sup>	Quilômetros quadrados
Mg	Miligramas
mg/dm <sup>3</sup>	Miligrams por decímetros cúbicos
Min	Minutos
ml	Mililitros
mm	Milímetros

mmol/L	Milimol por litro
Mo	Molibdênio
mol/L	Mol por litro
$\text{MoO}_3\text{S}^{2-}$	Monotiomolibdato
$\text{MoO}_2\text{S}_2^{2-}$	Ditiomolibdato
$\text{MoOS}_3^{2-}$	Tritiomolibdato
$\text{MoS}_4^{2-}$	Tetratiomolibdato
MS	Matéria Seca
N	Normalidade
n°	Numero
Nm	Nanômetros
P	Probabilidade
P.A.	Pureza analítica
PE	Pernambuco
pH	Potencial hidrogeniônico
Ppm	Parte por milhão
OS	Período seco
PC	Período chuvoso
Rpm	Rotações por minuto
SPRD	Sem Padrão de Raça Definida
$\text{S}^{2-}$	Enxofre
$\text{S}_2$	Sulfeto
UI/L	Unidades internacionais por litro
Zn	Zinco
$\mu\text{mol}$	Micromol

$\mu\text{mol/L}$

Micromol por litro

$\mu\text{L}$

Microlitros

## LISTA DE SÍMBOLOS

°	graus
° C	graus Celcius
>	maior
≥	maior ou igual
+	mais
±	mais ou menos
®	marca registrada
<	menor
≤	menor ou igual
-	menos
'	minutos
%	porcentagem
“	segundos

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	16
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	18
<b>2.1</b>	<b>Características da microrregião de Juazeiro – BA</b> .....	18
<b>2.2</b>	<b>Propriedades químicas e biológicas do cobre e principais antagonistas</b> .....	19
2.2.1	COBRE.....	19
2.2.2	ANTAGONISTAS DO COBRE .....	22
2.2.2.1	Molibdênio .....	22
2.2.2.2	Ferro.....	23
2.2.2.3	Zinco.....	24
<b>2.3</b>	<b>Metabolismo do cobre</b> .....	26
<b>2.4</b>	<b>Interferência da disponibilidade de cobre</b> .....	27
2.4.1	MOLIBDÊNIO .....	30
2.4.2	FERRO .....	30
2.4.3	ZINCO .....	31
<b>2.5</b>	<b>Deficiência de cobre</b> .....	31
<b>2.6</b>	<b>Situação da deficiência de cobre no Brasil e nordeste</b> .....	34
<b>2.7</b>	<b>Microminerais no solo</b> .....	36
<b>2.8</b>	<b>Importância da caracterização do perfil de minerais</b> .....	37
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	38
<b>3</b>	<b>CAPITULO 1</b> .....	52

## 1 INTRODUÇÃO

No Estado da Bahia são poucos os trabalhos desenvolvidos relacionados à carência de cobre, com o maior rebanho do país na ordem de 4,2 milhões de cabeças de caprinos e de 2,5 milhões de cabeças para os ovinos, correspondente a 42,0% e 16,5% do rebanho nacional. E a microrregião geográfica de Juazeiro-BA (Mesorregião Vale São-Franciscano da Bahia), destaca-se como uma das principais produtoras de caprinos e ovinos. Outro fato importante é que estes animais são explorados em sistema extensivo, onde não são adotadas práticas adequadas de manejo alimentar e sanitário, contribuindo para a baixa produtividade da ovinocaprinocultura (BRASIL, 2006).

A atuação e a importância do cobre em sistemas enzimáticos no metabolismo dos ruminantes são bem conhecidas. O cobre tem como característica a facilidade de se oxidar ou reduzir auxiliando no processo metabólico de mais de 26 metaloenzimas cúpricas que catalisam reações de óxido-redução (RIET-CORREA et al., 2006).

O excesso ou a falta de cobre é semelhante a outros macros e microelementos, pode provocar intoxicações ou carência em ruminantes, em especial nos ovinos, pelo fato destes animais necessitarem de menores quantidades de cobre na sua alimentação variando de 3 a 14 ppm (NRC, 2007). Pequenas alterações na quantidade deste mineral já podem desencadear processos patológicos nos animais. Caprinos também podem apresentar carência de cobre em regiões com marcada deficiência de cobre ou excesso de seus antagonistas no solo e plantas (SUTTLE, 2010) sendo proposto valores de 10 a 20 mg/kg MS de cobre na dieta (AFRC, 1998).

A hipocuprose é uma das deficiências de maior interesse em ruminantes (SUTTLE, 1986). Está envolvida com a baixa quantidade do mineral cobre ingerido pelo animal ou quando são fornecidas ou produzidas misturas minerais com proporções erradas de elementos que competem com o cobre pela absorção intestinal (TOKARNIA et al, 2010). Com isto ele se torna um dos elementos que mais possui antagonistas, entre eles molibdênio (Mo), zinco (Zn), enxofre (S) e ferro (Fe), que interferem em sua absorção, assim sua

biodisponibilidade em dietas para ruminantes fica abaixo da sua necessidade (QUIROZ-ROCHA e BOUDA, 2001).

A determinação de carência do mineral cobre é realizada pela presença de sinais clínicos, epidemiológicos e principalmente pelas determinações das concentrações hepáticas e sanguíneas de cobre. A determinação dos teores de cobre nas pastagens e solo contribuem para ter uma exatidão da origem da carência. Nos animais acometidos pela carência observa-se degeneração da medula espinhal em casos de ataxia enzoótica, que acometem cordeiros e cabritos, apresentando incoordenação motora dos membros posteriores nas primeiras semanas de vida. Ovinos e caprinos adultos apresentam grande perda na produção, observando-se perda de peso e despigmentação dos pêlos. Ocorrem também quadros de diarreia crônica e anemia (SMITH, 2006).

Muitas vezes a profilaxia é deficiente por falta de exames e determinações mais completas destas concentrações na cadeia solo-planta-animal, tornando o tratamento individual dos animais ou a suplementação do rebanho com sal mineral ineficaz (RADOSTITS et al 2007).

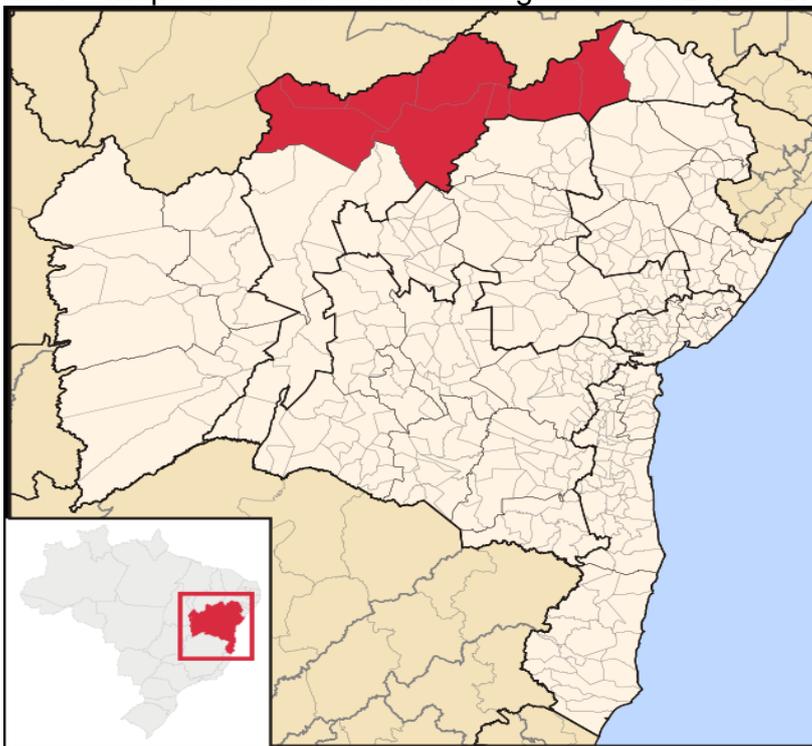
Assim, o objetivo deste estudo é conhecer os teores de cobre e seus principais antagonistas: molibdênio (Mo), ferro (Fe) e zinco (Zn) em sangue e fígado de ovinos e caprinos, e no solo, oriundo dos municípios de Juazeiro e Casa Nova no estado da Bahia, comparando a sazonalidade, espécie e sexo.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Características da microrregião de Juazeiro – BA

A Microrregião de Juazeiro é formada pelos municípios de Casa Nova, Curaçá, Juazeiro, Pilão Arcado, Remanso, Sento Sé, Sobradinho e Campo Alegre de Lourdes como mostra a Figura 1. A microrregião de Juazeiro - Bahia é pertencente à mesorregião Vale São-Franciscano da Bahia. Sua população foi estimada em 2013 pelo IBGE em 491.297 habitantes e está dividida em 8 municípios. Possui uma área total de 55.830,454 km<sup>2</sup>. Com vegetação predominantemente de caatinga, de clima semiárido (BRASIL, 2010).

Figura 1 – Mapa destacando a microrregião de Juazeiro - BA



Fonte: [http://pt.wikipedia.org/wiki/Microrregi%C3%A3o\\_de\\_Juazeiro](http://pt.wikipedia.org/wiki/Microrregi%C3%A3o_de_Juazeiro) (2015)

O rebanho caprino desta região é de aproximadamente 546.993 caprinos e de ovinos de 510.729, dando ênfase às cidades de Casa Nova e Juazeiro que estão entre os 20 maiores rebanhos caprinos e ovinos do País. Casa Nova ostenta o segundo maior rebanho de caprinos no país e a sexta posição em relação ao rebanho de ovinos e Juazeiro coloca-se em sexta

posição para a produção de caprinos e na decima quinta posição para a produção de ovinos (BRASIL, 2012).

Como estes municípios estão entre os principais criadores de ovinos e caprinos, há grande importância em estudar tópicos e fatores relacionados a caprinovinocultura nestas cidades (BRASIL, 2012), considerando que nestes municípios a criação de caprinos e ovinos adota predominantemente um tipo de sistema organizacional conhecido como “fundo de pasto” (LIMA, 2012).

## **2.2 Propriedades químicas e biológicas do cobre e principais antagonistas**

### **2.2.1 COBRE**

O cobre (Cu) é classificado como metal de transição pertencente ao grupo 11 (B1) e por conta da capacidade deste de doar um elétron da sua última camada de valência, que tem um elétron disponível. Em função desta característica encontra-se no centro ativo de mais de 26 metaloenzimas no organismo, observando que a maioria tem função de oxirredução. Esta propriedade oxidante faz com que ele não se apresente na sua forma livre no organismo, pois poderia se combinar com outras estruturas causando sua oxidação (FERREIRA et al., 2008).

Este fato impõem ao cobre a necessidade de se combinar com metaloproteínas que inativam sua reatividade química, entre elas estão: citocromo-oxidase (necessária para o transporte de elétrons durante a respiração aeróbica), lisil-oxidase (catalisa a formação de ligações cruzadas de desmosina no colágeno e elastina), tirosinase (utilizada para a produção da melanina), urato-oxidase, superóxido dismutase (distribuída pelo organismo, importante na ação antioxidante intracelular e atua inativando os íons superóxidos com a produção de oxigênio e peróxido de hidrogênio que é tóxico e inativado pelas enzimas catalase e glutathione peroxidase). Ao mesmo tempo, estas metaloproteínas necessitam o cobre para serem ativas (ROSA e MATTIOLI, 2002; KANEKO et al., 2008; TOKARNIA, 2010).

A ceruloplasmina, uma fração alfa-2 globulina do sangue, também é uma metaloproteína, onde cerca de 95% do cobre sérico encontra-se ligado a

ela. Ela possui três oligossacarídeos ligados por asparagina e oito sítios que ligam o  $\text{Cu}^+$  ou  $\text{Cu}^{2+}$ . Além de ser uma proteína que funciona como ferroxidase, convertendo o  $\text{Fe}^{2+}$  em  $\text{Fe}^{3+}$ , atuando na mobilização do estoque de ferro no organismo e atuando na manutenção da homeostase do  $\text{Cu}^{2+}$  e servindo no transporte de  $\text{Cu}^{2+}$  (MEYER e HAVER, 2004; GONZÁLEZ e SILVA, 2006). Por sua íntima relação com o cobre, a ceruloplasmina pode ser correlacionada com os níveis de cobre no organismo do animal servindo de forma indireta para o diagnóstico de possíveis deficiências cúprica (BORGES et al., 2005).

O cobre pode ser relacionando a outras funções, como: regulação dos processos vitais de crescimento e diferenciação celular, respiração celular, sistema imunológico, reprodução, angiogênese, mielinização dos neurônios, além de ser essencial para a formação da hemoglobina (MCDOWELL, 2003).

Diante das várias funções do cobre no organismo, justificam-se as pesquisas que mostram significativas melhoras no desenvolvimento do animal com a introdução de cobre na dieta, como Cheng et al. (2008) que mostraram que altos níveis de cobre na dieta podem interferir positivamente nas características da carcaça por afetar o metabolismo lipídico de cordeiros, bem como na melhora do sistema imunológico. Solaiman et al. (2006) observaram que níveis superiores aos valores basais de cobre na dieta podem melhorar o ganho de peso e a resposta imunológica, mostrando a importância do cobre na dieta de animais.

Outras funções além da nutricional mostram que uma suplementação com 3,4 g de óxido de cobre auxilia na prevenção da reinfecção por *Haemonchus contortus*, em (GONÇALVES e ECHEVARRIA, 2004; WALLER et al., 2004).

O cobre encontra-se distribuído por todos os tecidos do animal, com sua maior concentração no fígado, pela alta capacidade de armazenamento dos hepatócitos. A concentração cúprica nos órgãos varia de acordo com idade, espécie, raça e estado nutricional (DOMINGUES et al., 2001).

Devido às várias funções que o cobre exerce no organismo animal, sua carência pode desencadear vários distúrbios, e desta forma, uma dieta com os valores corretos de cobre na alimentação é de extrema importância. Entretanto, o correto fornecimento deste micromineral na dieta é bastante complexo por

diversos fatores que podem interferir na assimilação do cobre pelo animal (BERCHIELL et al., 2011).

Para auxiliar no correto diagnóstico de possível carência e na formulação da dieta mineral adequada, a determinação dos teores dos microminerais no tecido animal é de crucial necessidade, pois através destas informações pode-se intervir de maneira correta na suplementação mineral (RADOSTITS et al., 2007).

Para uma investigação de carência ou intoxicação por cobre em animais, o fígado é um dos principais órgãos a serem avaliados, pois é o principal local de armazenamento de cobre. Este fato foi comprovado por Bellof et al. (2007), que verificaram um acúmulo de mais de 55% do Cu corporal no fígado, 17% no músculo, 16% na lã e 11% nos ossos de pequenos ruminantes.

É necessária também a quantificação do cobre no sangue, o pool homeostático, pois mostra o equilíbrio entre os sistemas de armazenamento e os sistemas de distribuição, já que este cobre se encontra ligado covalentemente com proteínas ou aminoácidos como a ceruloplasmina, que circundam pelo sistema circulatório distribuindo o cobre no organismo (BAIERLE et al., 2010). É preciso enfatizar que este parâmetro não deve ser observado isoladamente, já que em deficiências marginais não são detectáveis (AMANCIO, 2011).

Deve-se ter cuidado também ao analisar os estoques de cobre em animais neonatos, pois esta categoria armazena uma quantidade de cobre no fígado muito superior se comparado a um animal adulto, por representar uma reserva que será utilizada no seu rápido crescimento (KANEKO et al., 2008).

Determinar os teores de cobre no alimento é outra forma de estimar, mas não tão eficaz, se o animal apresenta ou não deficiência cúprica sem a análise quantitativa direta dos teores de cobre no organismo do animal (ORTOLANI, 2006), comparando os valores determinados com os recomendados na literatura. Existem variações as recomendações dos diversos comitês e pesquisadores atuantes na área: o ARC (1980) estimou a exigência de Cu de 1 a 8,6 mg/kg MS da dieta, dependendo do estágio fisiológico dos ovinos; exigências líquidas para ovinos em regime de pastejo variaram de 1,69 a 7,86 mg/dia para Cu (MENDES et al., 2010); o AFRC (1998) propôs os valores de 10 a 20 mg/kg de MS da dieta para caprinos; e há a

exigência em caprinos variando de 4,28 a 5,96 mg de Cu /kg PV (SOUZA et al., 2013).

## 2.2.2 ANTAGONISTAS DO COBRE

Somente com a análise dos teores cobre não é possível estabelecer sempre a causa da carência, e desta forma não permite propor a forma mais adequada para a correção na dieta destes animais. Devem ser realizadas de forma concomitantemente as análises dos seus antagonistas como os microminerais molibdênio, ferro, zinco, além do enxofre (KANEKO et al., 2008; MARQUES et al 2013).

As características semelhantes destes microminerais, fazem parte dos metais de transição e podem doar elétrons da sua última camada de elétrons semelhante ao cobre, estes elementos podem competir pelos mesmos sítios de ligação ou reagirem com outras moléculas diferentes do seu ciclo normal (NELSON e COX, 2014).

Estes competidores e/ou antagonistas do cobre devem ser estudados para uma melhor compreensão do metabolismo deste mineral e obter uma melhor precisão para a nutrição animal (KANEKO et al., 2008).

### 2.2.2.1. Molibdênio

O Molibdênio (Mo) também é classificado como metal de transição pertencente ao grupo 6 (6B) e atua no organismo animal como componente de enzimas, como xantina oxidase (que catalisa a redução do oxigênio por meio de elétrons, sendo considerada uma flavo proteína que catalisa a purina para ácido úrico), o sulfito oxidase (que transforma sulfito em sulfato com a ajuda do molibdênio como cofator para a excreção final da urina), e aldeído oxidase (que esta envolvido na cadeia transportadora de elétrons envolvendo o citocromo C) (RIBEIRO et al., 2005; FAVERO et al., 2011; MENDONÇA JÚNIOR et al., 2011).

O molibdênio é absorvido principalmente pelo intestino delgado, sendo armazenado principalmente no fígado com sua excreção pelo sistema

digestório. Os teores normais de Mo variam de 1 a 4 mg/kg de matéria seca do fígado (ANDRIGUETTO et al., 2002).

Este micromineral é considerado como ultra traço, com necessidades diárias bem menores que 1 mg por dia por animal. No entanto, pequenas variações na sua ingestão podem causar mudanças no metabolismo do animal (PEREIRA, 2005).

#### 2.2.2.2. Ferro

O Ferro (Fe) é um metal de transição pertencente ao grupo 8 (8B), é absorvido principalmente no intestino delgado, captado principalmente por proteínas carreadoras ou proteínas de membrana, mesmas proteínas que carregam outros microminerais que conseqüentemente competem pelos mesmos sítios de ligação. Essencial em um número de proteínas envolvidas no transporte ou utilização de oxigênio, como hemoglobina, mioglobina, citocromos e peroxidase envolvidos na cadeia de transporte de elétrons (McDOWELL, 2003). Também presente em proteínas heme como ferredoxina, transferrina, ferritina, catalases, lipooxigenases, e enzimas que requerem ferro como cofator. (ANDERSON, 2005).

Uma das proteínas carreadora de ferro para a medula óssea destinada a formação da hemoglobina e mioglobina é a transferrina que pode ser quantificada para diagnósticos de deficiência de ferro e por ser uma proteína armazenadora de ferro, sua determinação sérica pode detectar uma anemia ferropriva antecipadamente por deficiência de ferro, ou uma intoxicação (BRINGHENTI, 2011).

A hemoglobina é considerada a proteína mais importante quando se trata de proteínas conjugadas com o ferro, pois é onde a maior parte do Fe encontra-se no organismo animal. Também tem a função de transportar o oxigênio pelo fato do ferro formar ligações fracas com o oxigênio, fazendo ligações reversíveis o que permite a ligação do oxigênio nos pulmões e liberações nos capilares (BEUTLER, 2006).

A mioglobina é encontrada nas células musculares e contém um grupo heme idêntica ao da hemoglobina, entretanto, destina-se a armazenar e

umentar a taxa de difusão do oxigênio pela célula muscular durante o exercício físico (UMBELINO e ROSSI, 2006).

Aproximadamente 30% do ferro encontra-se em órgãos de estoque como baço, rins e o fígado que é considerado órgão de estoque e metabolismo. Desta forma, o fígado é considerado o principal instrumento de quantificação do ferro. Não é recomendado o uso do baço para determinar os teores de ferro no organismo, pelo fato deste órgão metabolizar hemácias velhas para a reciclagem do ferro, podendo ocorrer alterações nos resultados quando existir qualquer transtorno que possa alterar a meia vida das hemácias (SUTTLE, 2010).

A obtenção de ferro pelo organismo pode ocorrer de duas maneiras: pelos alimentos e pela reciclagem de hemácias velhas. Por isto, os reais níveis de ferro no organismo vão depender da absorção, excreção e mecanismos de reciclagem de modo que uma correta avaliação do estado nutricional do Fe deve-se sempre ter os valores do Fe nos animais, comparando e relacionando aos valores dos alimentos, seguindo as exigências líquidas de Fe (GROTTO, 2008). Para ovinos, a exigência de ferro variou de 8,46 a 26,66 mg/dia (MENDES et al., 2010). Já a exigência para caprinos variou de 10,2 a 10,72 mg de Fe/dia (SOUZA et al., 2013). Já o NRC (2007) estabeleceu os valores de exigência para caprinos jovens e adultos (95 e 35 mg Fe/kg de MS, respectivamente), e para ovinos em crescimento o valor determinado foi de 55 mg de Fe/kg PV.

#### 2.2.2.3. Zinco

O Zinco (Zn) é classificado como metal de transição pertencente ao grupo 12 (2B). Está envolvido em numerosas metaloenzimas, responsáveis entre tantas funções pela síntese de vitamina A, transporte de CO<sub>2</sub>, metabolismo de proteínas, de carboidratos e de ácidos graxos essenciais, degradação das fibrilas de colágeno, destruição de radicais livres e estabilidade das membranas dos eritrócitos (SUTTLE, 2010).

O metabolismo de ácidos nucléicos e síntese de proteína é fundamental no processo de multiplicação celular, além de estar associado às ações do hormônio folículo-estimulante (FSH) e do hormônio luteinizante (LH)

por potencializarem seus efeitos, como ao metabolismo de sulfatos e ao desenvolvimento do cérebro (PEIXOTO et al., 2004).

A absorção do zinco pelo organismo de ruminantes ocorre principalmente no abomaso, sendo o restante absorvido no intestino delgado. Sua absorção é mediada pela metalotioneína, proteína que regula a entrada e saída do Zn no organismo. Após a absorção, este elemento é carregado até o fígado, órgão de estoque e metabolismo de zinco (CONRAD et al., 1985; MAFRA e COZZOLINO, 2004; WRIGHT e SPEARS, 2004).

Para a quantificação dos teores de Zn no organismo pode-se utilizar os valores séricos juntamente com valores hepáticos, pois somente os valores de Zn sérico não são confiáveis para revelar seu estado nutricional, necessitando sempre estar relacionado a outros exames como a quantificação do zinco hepático (CRUZ e SOARES, 2011).

Deve-se observar que nos ruminantes o Zn tem uma baixa capacidade de estocagem no organismo, sendo então seu excesso no organismo um fator para alterar o metabolismo no cobre. É encontrado principalmente em tecidos moles e fígado, e a partir deste é mobilizado rapidamente e distribuído pelo sistema circulatório através de carreadores como a albumina. O fígado é o órgão a ser analisado para a quantificação do Zn no animal para a determinação da sua concentração por ser o principal órgão estoque (McDOWELL, 2003).

Assim como o cobre, o zinco também pode ser determinado nos alimentos a serem fornecidos, para uma melhor formulação da dieta, assim como há variação nos valores de referência apresentado por diversos autores. Estudos mostram que: ovinos apresentam uma exigência de 7,20 a 27,4 mg de Zn/dia (MENDES et al., 2010); já a exigência para caprinos varia de 6,98 a 7,77 mg de Zn/kg PV (SOUZA et al., 2013); segundo as recomendações da NRC (2007), os valores correspondendo a exigência em Zn para animais em crescimento para caprinos é de 25 mg/kg PV ganho e para ovinos é de 24 mg/kg PV.

### 2.3 Metabolismos do cobre

Nos ruminantes, o cobre é obtido exclusivamente pela ingestão dos alimentos nas formas de: carbonato de cobre, sulfato de cobre, óxido de cobre, cobre-lisina, glicinato de cobre, EDTA CaCu (COSTA, 2006). Depois de ingeridos os alimentos passam pelo processo de digestão até chegar ao ponto de liberar os microelementos para serem absorvidos. Entretanto, para o cobre o processo da biodisponibilidade tem um grande empecilho em ruminantes: o processo digestivo no rúmen promove a redução de  $\text{Cu}^{+2}$  a  $\text{Cu}^{+1}$ , que é mais difícil de ser absorvido, além de formar o sulfeto cúprico ( $\text{CuS}$ ) na presença de sulfetos ( $\text{S}^{-2}$ ), composto que não é absorvido pelo organismo (ROSA e MATTIOLI, 2002).

O Cobre é absorvido preferencialmente no intestino delgado, principalmente na sua porção inicial, quando na forma divalente ( $\text{Cu}^{++}$ ), através de transporte ativo ou difusão simples. Também pode ser absorvido no intestino grosso, quando ligado a L-aminoácidos secretados pelos enterócitos no lúmen intestinal, que o carregam para o interior das células (FERREIRA et al., 2008). É preciso ressaltar que sua absorção é dependente de sua quantidade e da fonte dietética desse metal, bem como da presença de elementos antagonistas como molibdênio, enxofre, ferro e zinco (BERCHIELLI et al., 2011).

A entrada do  $\text{Cu}^{++}$  no enterócito está relacionada à quantidade de metalotioneína presente na célula intestinal, pois quanto mais metalotioneína presente no enterócito, menor a absorção do  $\text{Cu}^{++}$ . Após ser absorvido, no interior do organismo, este se liga a albumina ou a transcupreína, e então é carregado para o fígado onde é metabolizado (FERREIRA et al., 2008). O cobre pode ser destinado a três funções no fígado: pode ficar estocado de forma temporária no fígado a qual é destinada a trocas com o sangue e excreção pela bile; ser estocado temporariamente para incorporação na ceruloplasmina; ou ficar armazenado no fígado por longo período (ORTOLANI, 2006).

Cerca de 90% do cobre circulante está ligado a proteínas, e é no fígado onde pode se ligar a metaloproteínas como a ceruloplasmina, que atua como armazenadora e transportadora para manter a homeostase desse elemento. A

ceruloplasmina transporta o cobre para os diversos órgãos, e ao chegar em sua célula alvo libera o cobre para que ele possa aderir ao sítio de ligação da cuproenzima (BREMNER, 1987). A dosagem da ceruloplasmina ou de sua atividade pode ser uma forma indireta de estimar o status de cobre do animal, especialmente em casos de deficiência (ANTONELLI, 2007).

O cobre absorvido permanece armazenado no fígado para servir como estoque fica em organelas como mitocôndrias, núcleos e lisossomos nos hepatócitos. Sua concentração pode ser examinada por amostragem de fragmento hepático através de biópsia hepática ou necropsia, avaliando sua concentração de reserva de cobre no animal, e desta forma identificar com mais precisão quadros de carência ou intoxicação cúprica (BANDINELLI, et al. 20013).

Por um mecanismo de feedback, o excesso de cobre é eliminado principalmente pela via biliar, conjugado a metalotioneína hepática, e na forma urinária, que tem sido considerada de menor importância (VASQUEZ et al., 2001). A conjugação biliar do cobre varia entre as espécies, sendo que suínos conseguem conjugar até 85% do cobre que chega ao fígado, enquanto que os ovinos apenas 5% (BRENNER, 1991).

## **2.4 Interferência da disponibilidade de cobre**

As concentrações do cobre são afetadas por diversos fatores, podendo variar suas concentrações e exigências com relação às espécies, raça, sexo e categoria.

Ao avaliar as peculiaridades das espécies, os caprinos enquadram-se no grupo dos seletores intermediários, selecionando folhas e sementes provindas de vegetações arbustivas, vegetação característica da caatinga. E, também a característica de buscar partes mais nutritivas das forrageiras e como são animais de boca e lábios ágeis favorecendo a escolha de partes mais ricas dos vegetais, como folhas novas e brotos, longe do solo (CHURCH,1993; ARAÚJO FILHO,1996).

Já os ovinos são ruminantes enquadrados no grupo que se alimentam de gramíneas, com hábito de pastejo rasteiro mais rente ao solo, selecionando componentes na pastagem, e para isso, compensam a baixa qualidade do

pasto ou acessibilidade pelo aumento do tempo de pastejo (VAN SOEST, 1994, SANTOS, et al. 2008; CARVALHO et al., 2002; CALDEIRA, 2005).

Estas características tornam caprinos e ovinos predispostos a obterem diferentes concentrações de nutrientes na sua dieta.

Em relação ao sexo, os fatores hormonais, que são observados concentrações diferentes em relação a machos e fêmeas, desencadeiam comportamentos e metabolismos diferenciados entre os sexos (PACHECO e QUIRINO, 2010; MADELLA-OLIVEIRA et al., 2014). Fêmeas apresentam valores mais elevados de estrógeno, que conseqüentemente eleva os teores de ceruloplasmina, proteína responsável por conter 80% do cobre sérico (FISCHER et al., 1990).

Outros fatores são os de caráter externo (ambiente), que varia em relação a forma de obtenção do alimento, que pode ser mudado em relação à falta ou ao excesso de determinado alimento e da própria composição do alimento ou da forma em que este alimento é fornecido (BERCHIELLI et al., 2011)

As concentrações de cobre nos alimentos variam a depender do tipo de sistema de criação até as fontes de obtenção destes. Nas forragens, parte volumosa da dieta, os teores dos microelementos são bastante variáveis, pois dependem do: gênero, espécie, variedade, época do ano (sazonalidade), condições climáticas do local, quantidade do elemento no solo, tipo de solo, pH e umidade do solo, fatores estes que afetam a disponibilidade dos elementos para absorção pela planta (LEITE, 2002; MENDONÇA JÚNIOR, 2011).

Já os alimentos que compõem a categoria dos concentrados usualmente apresentam o cobre em baixa quantidade de cobre, mas com uma disponibilidade alta por estarem complexados com aminoácidos e proteínas. Contém também alto conteúdo de carboidratos fermentáveis, que no rumem vai resultar na diminuição do pH ruminal e aumentar a disponibilidade de cobre por aumento da absorção do enxofre ( $S^{2-}$ ) (VÁSQUEZ et al., 2001).

A água pura não é uma importante fonte de minerais para a obtenção de microminerais, a não ser quando esta contaminada com algum metal ou quando há uma grande quantidade de solo presente na água, como nas águas barrentas (McDOWELL, 2003).

O solo pode ser um fator determinante para ingestão de cobre, já que ruminantes podem ingerir minerais através dele, seja acidentalmente, ou por doenças que vão causar alotrofia, caracterizada por uma perversão do apetite a qual ingerem solo e outras matérias habitualmente não consumidas. A ingestão acidental de solo pode chegar a 20% da matéria seca, principalmente durante a época seca, quando os pastos apresentam baixo crescimento ocasionando deficiência de cobre devido à elevada ingestão de antagonistas (McDOWELL, 1999).

A biodisponibilidade do cobre depende principalmente da forma em que é encontrado, se conjugado a aminoácidos ou se na sua forma metálica nos alimentos, além da presença ou não dos seus antagonistas molibdênio, ferro, enxofre e zinco na dieta. O cobre pode estar contido nos alimentos ligado a sais como carbonatos, nitratos, cloreto, óxidos e sulfatos, ou mesmo na sua forma metálica, que é muito pouco absorvida. Mas também pode apresentar-se ligado a aminoácidos ou proteínas como é o cobre em cereais, na forma de quelatos, que são facilmente absorvidos pelo organismo (FERREIRA et al., 2008).

O cobre apresenta boa absorção em dietas com baixos teores de fibras não digestíveis e baixa absorção em forragens frescas. Destaca-se que as técnicas de conservação de forragens como fenação e silagem aumentam sua disponibilidade por aumentarem os complexos de cobre com proteínas (RADOSTITS et al., 2007).

A forma que o cobre é encontrado no alimento pelo animal, seja na forma de sulfatos, cloretos ou glicinato, pode interferir na quantidade de cobre a ser absorvido, pois cada um tem um nível de interação com outros elementos da dieta, diminuindo ou não sua absorção (SPEARS et al., 2004; HANSEN et al., 2006).

Como já relatado anteriormente em nível de digestão, absorção e metabolismo os nutrientes podem interagir como antagonistas ou agonistas, sendo bastante observado na nutrição mineral. Entre seus principais antagonistas microminerais destaca-se o ferro, zinco e o molibdênio (VÁSQUEZ et al., 2001).

### 2.4.1 MOLIBDÊNIO

O molibdênio é considerado o principal antagonista do cobre, contribuindo para indisponibilizar o cobre, pois sabe-se que o molibdênio junto ao enxofre forma o complexo tiomolibdato, que irá agir no rúmen ligando-se ao cobre tornando-o não disponível para absorção. Quanto mais moléculas de enxofre ligadas ao molibdênio, maior será indisponibilidade do cobre, sendo as porcentagens com que participam os tiomolibdatos são: 41% como tetratiomolibdato ( $\text{MoS}_4^{2-}$ ), 34% como tritiomolibdato ( $\text{MoS}_3^{2-}$ ), e monotiomolibdato ( $\text{MoO}_3\text{S}^{2-}$ ) e ditiomolibdato ( $\text{MoO}_2\text{S}^{2-}$ ) em menores quantidades (MASON, 1990; COZZOLINO, 1997; VASQUEZ et al., 2001; PICCO et al., 2012).

Uma pequena parte deste tiomolibdato é absorvido, passando para o sangue e produzindo distúrbios sistêmicos no metabolismo do cobre, fazendo com que a concentração plasmática de cobre diminua. Os tiomolibdatos se ligam ao cobre e posteriormente associam-se às proteínas de alto peso molecular, principalmente albumina formando um complexo insolúvel e assim, reduzindo a biodisponibilidade cúprica para o metabolismo, resultando em diminuição do cobre como da albumina e a disponibilidade de cobre para síntese de ceruloplasmina (SUTTLE, 1991; CONTI, 2014).

### 2.4.2 FERRO

O ferro também interfere na disponibilidade do cobre de duas maneiras, sendo uma delas através da “Teoria da Arapuca” descrita por Suttle et al. (1984), onde o enxofre ao ser reduzido a sulfeto no rúmen se ligar ao ferro formando o sulfeto de ferro ( $\text{FeS}$ ), preservando o enxofre de ser utilizado pelas bactérias ruminais. Ao chegar no abomaso, devido ao pH ácido, este complexo se desfaz e o sulfeto ( $\text{S}_2$ ) livre apresenta afinidade maior pelo cobre neste pH formando o ( $\text{CuS}$ ), composto insolúvel que não pode ser absorvido e utilizado pelo organismo (ORTOLANI, 1997). O ferro também pode diminuir a disponibilidade do cobre por competição do mesmo sítio ativo de absorção intestinal, além de afetar a biodisponibilidade nas células alvo e de absorção

por terem características químicas semelhantes (ARREDONDO, 2006; ORTOLANI, 2006)

Metais que formam sulfatos ácidos lábeis podem ter efeitos similares àqueles exibidos pelo ferro como o manganês, mas metais que formam sulfatos não solúveis em ácidos como chumbo e cádmio podem ser protegidos por diminuição na formação CuS (SUTTLE et al., 1984; SILVA et al., 2009).

#### 2.4.3 ZINCO

O zinco dietético pode reduzir as reservas de cobre e induzir sua deficiência nos animais principalmente devido a diminuição da absorção do cobre via aprisionamento deste através da estimulação da produção de metalotioneína, que é regulada pela concentração de zinco hepático. Quanto maior a concentração de zinco no organismo maior a estimulação de produção de metalotioneína, devido a um mecanismo de feedback para controlar a absorção do zinco. Entretanto, como a proteína tem mais afinidade pelo cobre, ao invés de diminuir a absorção de zinco, diminui a entrada de cobre no organismo, pois quando a metalotioneína se conjuga com o cobre, este não é liberado na corrente sanguínea ficando retida nas células da mucosa intestinal que pelo processo subsequente de descamação, estas passam para o lúmen intestinal e posteriormente eliminadas nas fezes. Esta conjugação do cobre com a metalotioneína também acontece no fígado, que é excretada com o líquido biliar saindo com as fezes do animal (FERREIRA et al., 2008, MARQUES et al., 2013).

#### 2.5 Deficiência de cobre

A etiologia da deficiência de cobre pode ser primária ou secundária, sendo que a primária ocorre por baixos teores de cobre na dieta, enquanto que a secundária ocorre quando ha uma concentração de cobre adequada na dieta, mas há um aumento na concentração de um ou mais antagonistas como zinco, molibdênio, ferro e enxofre (SMITH, 2006).

É um problema principalmente de animais de criação extensiva, pela baixa disponibilidade deste elemento nas pastagens, e pela pouca absorção do

cobre a partir de plantas frescas, pois mesmo com uma concentração de cobre adequada na forragem, sua disponibilidade de absorção limitada por estar na sua forma metálica (TOMA et al., 2010). Pastagens produzidas em solos arenosos, pobres em matéria orgânica e muito desgastados também podem resultar em carência de cobre (RIET-CORREA, 2003; ORTOLANI, 2006).

A deficiência pode ser influenciada por vários fatores como: idade do animal, estado gestacional, lactação, estágio de crescimento, raça, composição mineral dos alimentos, estação do ano, características do solo e sua composição (TOKARNIA, 2010). Pode também estar agregada a outras doenças que potencializam seu efeito, como a verminose (ADOGWA et al., 2005).

A deficiência de cobre vai diminuir a concentração e a atividade das cuproenzimas, que conseqüentemente diminui seus efeitos no organismo, levando o animal a manifestar sinais clínicos de deficiência, podendo até levar a morte do animal (RIET-CORREA et al., 2006).

Os sinais clínicos da carência de cobre em caprinos e ovinos adultos são observados na lã e pêlos tornando-se ásperos, duros e sem brilho, além de sofrer despigmentação. Observa-se também perda de peso, diarreia, anemia, osteoporose, diminuição da imunidade bem como lesões em vários sistemas teciduais como coração, pâncreas e vasos sanguíneos (RADOSTITS, 2007).

Em fêmeas gestantes e/ou lactantes que se alimentam de pastagens em áreas pobres em cobre conduz inevitavelmente a deficiência cúprica no feto causando a ataxia enzoótica neonatal ou congênita, ou em animais de 2 semanas a 3 meses de idade causando a ataxia enzoótica lenta (DINEV et al., 2005). Os cordeiros e cabritos acometidos na forma congênita irão nascer fracos ou natimortos, e apresentar sinais clínicos como nistagmo, reflexo córneo e pupilar diminuídos, tremores de cabeça e incapacidade de permanecer em estação. Já na forma lenta, os animais apresentam incoordenação dos membros posteriores e paralisia espástica (ZATTA e FRANK, 2007).

Em caso de óbito, durante a necropsopia, na forma congênita é possível evidenciar ausência ou destruição da matéria branca do encéfalo, enquanto que na forma lenta não é possível lesões macroscópicas visíveis. Já na avaliação histológica, são observadas na forma congênita a degeneração da

mielina na medula espinhal levando à degeneração do cérebro e cerebelo tanto em cordeiros como cabritos, degeneração axonal, gliose, esferóides, leve infiltrado mononuclear e manguitos perivasculares, enquanto que na forma lenta é possível verificar degeneração do núcleo dos neurônios motores (SANTOS et al. 2006; SENTO SÉ, 2014).

O diagnóstico da carência de cobre depende da determinação de minerais em material biológico animal, sendo que na maioria das vezes é suficiente para estabelecer o diagnóstico preciso da ocorrência de carências, com a interpretação dos resultados com maior rapidez e menor risco de erro (SUTTLE, 2010). No caso do cobre, como cerca de 40 a 70% do cobre absorvido é estocado no fígado, a análise de amostras de fígado é altamente confiável no diagnóstico da carência deste elemento (CORAH e IVES, 1991; TOKARNIA et al., 1999).

Existem diversos trabalhos que estabelecem valores de referência para os teores de cobre hepático. É considerado como teores normais de cobre no fígado de ovinos adultos valores médios de 350 mg/kg MS, enquanto que valores médios de 20 mg/kg é considerado deficiente (BLOOD, 1994). Para Marques et al. (2011) os teores de 158,45 mg/kg para ovinos e 152,46 mg/kg para caprinos estabelecem valores marginais de deficiência de cobre na região do sertão do Araripe em Pernambuco. Já segundo Santos et al. (2006), animais desenvolveram quadro clínico de ataxia enzoótica apresentando valores que variaram de 19 a 140 ppm de cobre no fígado (média de 45,8 ppm).

Para os valores séricos, considera-se os valores de 3 a 9  $\mu\text{mol/L}$  como valores marginais para situação de deficiência inaparente de Cu, tanto para caprinos quanto para ovinos (SUTTLE, 2010).

Para auxiliar no diagnóstico da deficiência de cobre, a determinação dos teores deste mineral no solo e plantas forrageiras são muitas vezes de grande relevância para determinar se a carência é primária ou secundária, contudo são de difícil interpretação, devido a grande interação existente entre os elementos envolvidos, além de serem de difícil execução. Teores na dieta de 3-5 ppm de cobre são considerados marginais e podem causar carência clínica ou subclínica (McDOWELL, 2003).

Para animais com carência, o tratamento consiste em fornecimento individual por via oral ou parenteral de cobre na forma de sulfato de cobre, administrando-se 1 g de sulfato de cobre por semana para animais adultos e 35 mg para os filhotes a cada duas semanas (SILVA, 2004).

Para melhor prevenir a carência de cobre faz-se necessário a análise dos teores minerais dos alimentos fornecidos aos animais e calcular os teores dos microminerais na suplementação mineral de acordo com as necessidades de cada categoria (TOKARNIA, 2010). Matrizes no final da gestação também devem ser suplementadas, não só para evitar a ocorrência de ataxia enzoótica, como também para melhorar o desempenho das crias (MATTIOLI, 2007).

## 2.6 Situação da deficiência de cobre no Brasil e no Nordeste

Dos vários estudos sobre as deficiências minerais em ruminantes a maior parte corresponde a bovinos. Porém, em pequenos ruminantes e principalmente em caprinos, o conhecimento sobre carências minerais é limitado, sobretudo na região semiárida (McDOWELL, 1999; TOKARNIA et al., 2000).

Frequentemente são fornecidos suplementos minerais que não são necessários e inclusive atuam como antagonistas para outros minerais importantes, por exemplo, molibdênio que antagoniza o cobre; ferro que antagoniza fósforo e cobre; enxofre que antagoniza o cobre e selênio. Então quando se agrega ferro, molibdênio, enxofre e zinco nas misturas minerais aumentam-se as necessidades de cobre (TOKARNIA et al., 1999).

Alguns estudos que já foram realizados em diversos Estados no Brasil em relação aos teores de cobre em pastagens e no fígado e/ou no soro de ruminantes, encontrando-se referenciado na Tab. 1.

Tabela 1 – Referências sobre a situação do cobre em ruminantes, solos e pastagens no Brasil

Estados brasileiros	Referências
AMAPÁ	(TOKARNIA et al., 1971)
AMAZONAS	(BARROS et al., 1981; MORAES et al., 1999)
CEARÁ	(TOKARNIA, et al., 1968)

GOIÁS	(LOPES, et al., 1980)
MARANHÃO	(TOKARNIA et al., 1960, 1968; MORAES et al., 1999)
MATO GROSSO E MATO GROSSO DO SUL	(TOKARNIA et al., 1971; FERNANDES e SANTIAGO, 1972; SOUSA et al., 1980; BRUM et al., 1987; POTT et al., 1989 ; MORAES et al., 1999)
MINAS GERAIS	(MORAES et al., 1999)
PARÁ	(TOKARNIA et al., 1968, 1971)
PERNAMBUCO	(MARQUES et al., 2011; SILVA JÚNIOR, 2013; SANTOS et al., 2006)
PIAUI	(TOKARNIA et al., 1960, 1966, 1968, 1971)
RIO DE JANEIRO	(TRINDADE et al., 1990; BONDAN, et al., 1991; RIET-CORREA et al., 1993; MORAES et al., 1999; MARQUES et al, 2003)
RIO GRANDE DO SUL	(TOKARNIA et al., 1971; MORAES et al., 1999;)
RIO GRANDE DO NORTE	(SOUZA et al., 2009)
RORAIMA	(TOKARNIA et al., 1968; SOUSA et al., 1989)
SANTA CATARINA	(TOKARNIA et al., 1971; LENTZ, 2012)
SÃO PAULO	(LISBÔA et al., 1996)

---

Não há trabalhos desenvolvidos no Estado da Bahia relacionado à carência de cobre na região semiárida, sendo que as únicas deficiências diagnosticadas em caprinos e ovinos no semiárido foram em animais em pastejo (RIET CORREA, 2004). Em um estudo atual, verificou-se que em ovinos abatidos em matadouro no Estado de Pernambuco que os teores séricos e hepáticos de cobre eram em média inferiores aos limites considerados normais para a espécie, indicando a necessidade de suplementação deste mineral para animais criados no estado (MARQUES et al., 2011), contudo Silva Júnior (2013) mostra que os caprinos e ovinos criados na microrregião de Petrolina-PE não apresentam carência de cobre primária ou secundária.

Entretanto, Santos et al. (2006) diagnosticaram surtos de ataxia enzoótica em cabritos, em propriedade no agreste de Pernambuco, e Sousa et al. (2009) observaram casos de deficiência de cobre (ataxia enzoótica) em cordeiros, em uma fazenda de Mossoró-RN. Desta forma é possível afirmar que a deficiência de cobre nos sistemas de criação do Nordeste

principalmente nas regiões do semiárido de criação extensiva é uma realidade.

## 2.7 Microminerais no solo

Os micronutrientes no solo são elementos essenciais para as plantas, sendo absorvidos em pequenas quantidades devido ao fato destes só participarem da constituição de enzimas ou atuarem como cofatores para a ativação de enzimas. Sua deficiência pode ser decorrente de quantidade insuficiente no solo, sendo esta rara de acontecer ou pelo fato do elemento ser encontrado no solo sob forma química que a planta não possa utilizar. Isto pode acarretar problemas no crescimento e desenvolvimento da planta, repercutindo na quantidade e qualidade da produção de grãos ou forragens para alimentação animal. Outros fatores que também podem afetar a disponibilidade dos micronutrientes são pH, quantidade de matéria orgânica, textura e atividades microbianas. O pH é um dos fatores mais importantes, pois sua alteração diminui a absorção para uns elementos e aumenta para outros. No caso do cobre, ferro, zinco ocorre a diminuição da absorção em pH altos, o oposto ocorrendo com a disponibilidade do molibdênio (FERNANDES, 2006; EMBRAPA, 2006).

Os microminerais também podem passar direto do solo para o animal principalmente pela ingestão de terra em casos de deficiência de Cu e Fe, onde os animais desenvolvem um apetite depravado. Ou ingerir o solo acidentalmente junto com a forragem que esteja contaminada com o solo, ou água com grandes quantidades de solo (MARQUES et al., 2013). Alguns autores tentam correlacionar os teores de minerais em relação a solo-animal, ou solo-planta-animal (FINCHTNER, 1990; SANTOS et al., 2010). Entretanto, a correlação no sistema solo-planta-animal pode ser influenciada por diversos variáveis como tipo de manejo dos animais, taxa de lotação, espécie animal, espécie vegetal, clima, sazonalidade, características do solo, dificultando seu cálculo (SANTOS, et al., 2011).

Diante destas grandes interferências que influenciam a disponibilidade de cobre, seus teores no solo não são bons indicadores para diagnosticar deficiência ou excesso para as plantas e animais (MCDOWEL, 2003).

## 2.8 Importância da caracterização do perfil de minerais

É importante caracterizar o status mineral no semiárido nordestino, possibilitando conhecer os aspectos de sua deficiência em relação aos aspectos produtivos e reprodutivos do contingente de caprinos e ovinos, o que possibilitaria um controle mais efetivo dessas carências principalmente em sistemas de criação extensivo. Esta determinação possibilita um melhor rendimento na produção com maior economia por ser possível estabelecer medidas de controle como a suplementação seletiva, a qual é frequentemente exigida para os diferentes sistemas de criação de ovinos e caprinos, em especial no estado de Bahia por ser o estado com maior produção de caprinos e ovinos no país (RIET-CORREA, 2004; SILVA et al., 2010).

Como o agronegócio da ovino-caprinocultura na região Nordeste é de extrema importância para a economia regional, torna-se relevante estudar um indicador tão importante do agronegócio como a nutrição mineral em pequenos ruminantes, em especial o cobre e seus principais antagonistas.

As pastagens brasileiras são, geralmente, deficitárias em zinco e cobre (MENDES et al., 2010). E no período de seca os animais pastem mais rente ao solo, levando os animais a ingerirem uma maior quantidade de solo, o qual contem teores médios relativamente altos de ferro, antagonista do cobre (SANTOS et al., 2006).

Sendo o principal sistema de criação de ovinos e caprinos utilizados nos municípios de Juazeiro e Casa Nova, no estado da Bahia, ser predominantemente extensivo, associado ao mau manejo alimentar, sem o fornecimento de sal mineral balanceado, tornam estas criações predisponentes da carência de cobre (RIET-CORREA et al., 2006). O baixo peso médio de abate de 25 a 30 kg característico de uma baixa produção que é um sintoma da carência mineral (BRASIL, 2006).

## REFERÊNCIAS

- ADOGWA, A.; MUTANI, A.; RAMNANAN, A.; EZEOKOLI, C., The effect of gastrointestinal parasitism on blood copper and hemoglobin levels in sheep, **Canadian Veterinary Journal**, v. 46, p. 1017-1021, 2005.
- AFRC. AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL. **The Nutrition of Goats**. Wallingford: CAB International, 1998. 115 p.
- AMANCIO, O. M. S. Funções Plenamente Reconhecidas de Nutrientes Cobre, **ILSI Brasil International Life Sciences Institute Do Brasil**, v. 19, 2011, p. 19.
- ANDERSON, J. B. Minerais. In: MAHAN LK, ESCOTT-STUMP S, KRAUSE MV. **Alimentos, nutrição e dietoterapia**, São Paulo: Roca, 2005. p.107-45.
- ANDRIGUETTO, J. M.; PERLY, L.; MINARDI, J. S.; SOUZA, G. A. de; BONA FILHO, A. **Nutrição animal: as bases e os fundamentos da nutrição animal: os alimentos**. 4.ed. São Paulo: Nobel, 2002. 395 p.
- ANTONELLI, A. C. **Avaliação do uso de um sal mineral rico em molibdênio na prevenção da intoxicação cúprica acumulativa em ovinos**. 2007. 122 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.
- ARAÚJO FILHO, J. A.; SOUSA, F. B.; CARVALHO, F. C. Composição botânica e química da dieta de ovinos e caprinos em pastoreio combinado na região dos Inhamuns, Ceará. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 25, p. 383- 395, 1996.
- ARC. AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL - ARC. **The nutrient requirements of ruminant livestock**. London: Commonwealth Agricultural Bureaux, 1980. 351 p.
- ARREDONDO, M.; MARTÍNEZ, R.; NÚÑEZ, M. T.; RUZ, M.; OLIVARES, M. Inhibition of iron and copper uptake by iron, copper and zinc. **Biological Research**, v. 39, p. 95-102, 2006.
- BAIERLE, M; VALENTINI, J.; PANIZ, C.; MORO, A.; BARBOSA JUNIOR, F.; GARCIA, S. C. Possible effects of blood copper on hematological parameters in

elderly. **Jornal Brasileiro de Patologia e Medicina Laboratorial**, v. 46, n. 6, p. 463-470, 2010.

BANDINELLI, M. B.; PAVARINI, S. P.; GOMES, D. C.; BASSUINO, D. M.; WURSTER, F.; WOUTERS, L.; CRUZ, C. E. F.; DRIEMEIER, D. Acute copper poisoning in sheep, **Ciência Rural**, v. 43, n. 10, p.1862-1865, 2013.

BARBOZA, P. S.; BLAKE, J. E. Ceruloplasmin as an indicator of copper reserves in wild ruminants at high latitudes. **Journal of Wildlife Diseases**, v. 37, n. 2, p. 324-331, 2001.

BARROS, N. N.; TEIXEIRA, L. B.; MORAES, E.; CANTO, A. C.; ITALIANO, E. C. Teores de minerais no complexo solo-planta-animal de áreas firmes do Amazonas. **Comunicado Técnico**, n. 16, Manaus: Embrapa-UEPAE, 1981. 3 p.

BELCHIOR, E. B.; SOUZA, J. D. F.; ALMEIDA, H. C. G.; MORAIS, O. R.; SHIOTSUKI, L. A importância do perfil socioeconômico de criadores de ovinos de corte na elaboração de políticas públicas. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 52., 2014, Goiânia. **Anais...** Goiânia: SOBER, 2014, p. 1-17.

BELLOF, G.; MOST, E.; PALLAUF, J. Concentration of copper, iron, manganese and zinc in muscle, fat and bone tissue of lambs of the breed German Merino Landsheep in the course of the growing period and different feeding intensities. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 91, n. 3-4, p. 100-108, 2007.

BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. V. **Nutrição de Ruminantes**. Jaboticabal: FUNEP, 2011. 616 p.

BEUTLER, E. Disorders of Iron Metabolism In: BEUTLER, E.; KAUSHANSKY, K.; KIPPS, T. J.; LICHTMAN, M. A.; SELIGSOHN, U.; PRCHAL, J. T. **Williams Hematology**. 7. ed. New York: MacGraw-Hill, 2006. cap.40.

BLOOD D. C. **Manual de Medicina Veterinária**. 1. ed. Philadelphia: Interamericana McGraw-Hill, 1994. 790 p.

BONDAN, E. F.; RIET-CORREA, F.; GIESTA, S. Níveis hepáticos de cobre em bovinos no sul do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 11, n. 3/4, p. 75-80, 1991.

BORGES, A. S.; AMORIM, R. M.; KUCHEMUCK, M. R. G.; ARAÚJO, R. S.; SILVA, S. B.; SILVA, H. F.; BENESI, F. J.; MIRANDOLA, R.; MORGANO, M. Correlação entre a atividade sérica da ceruloplasmina e os teores sérico e hepático de cobre em novilhas Nelore, **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 57, n. 2, p. 150-155, 2005.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB. **Caprinocultura na Bahia**. Brasília, 2006. 13 p.

BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Produção da Pecuária Municipal**, volume40, Brasília, 2012.

BREMNER, I. Involvement of metallothionein in the hepatic metabolism of copper. **The Journal of Nutrition**, v. 117, n. 1, p. 19-29, 1987.

BREMNER, I. Metallothionein and copper metabolism in liver. **Methods in Enzymology**, v. 205, p. 584-591, 1991.

BRINGHENTI, C., **Alterações nos níveis de ferritina e transferrina e sua relação com doença hepática**, 2011. 41 f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) - Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2011.

BRUM, P. A. R.; SOUSA, J. C.; COMASTRI FILHO, J. A.; ALMEIDA, I. L. Deficiências minerais de bovinos na sub-região dos Paiaguás, no Pantanal Matogrossense. II. Cobre, zinco, manganês e ferro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 22, n. 9/10, p. 1049-1060, 1987.

CALDEIRA, R. M. Monitorização da adequação do plano alimentar e do estado nutricional em ovelhas: revisão. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**, v. 100, p. 125-139, 2005.

CAMARGO, O. A.; VALADARES, J. M. A. S.; DECHEN, A. R. Efeitos do pH e da incubação na extração do manganês, zinco, cobre e ferro do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 6, p. 83-88, 1982.

CARDOSO, E. C. **Nutrição mineral em bubalinos e bovinos nos campos do Marajó, estado do Pará: cálcio, fósforo, cobre, cobalto, manganês, ferro e zinco**, 1997. 173 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Pará, Belém, 1997.

CARVALHO, P. C. F.; POLI, C. H. E. C.; HERINGER, I.; BARBOSA, C. M. P.; PONTES, L. S.; FRIZZO, A.; PINTO, C. E.; JÚNIOR, J. A. F.; FREITAS, T. M. S.; SOARES, A. B.; MORAES, A.; Canto, M. W. Normas racionais de manejo de pastagens para ovinos em sistema exclusivo e integrado com bovinos. In: VI SIMPÓSIO PAULISTA DE OVINOCULTURA. **Anais...** Botucatu: ASPACO, 2002. p.21

CHENG ,J.; FAN, C.; ZHANG, W.; ZHU, X.; YAN, X.; WANG, R.; JIA, Z. Effects of dietary copper source and level on performance, carcass characteristics and lipid metabolism in lambs. **Asian Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 21, n. 5, 685-691, 2008.

CONRAD, J. H.; McDOWELL, L. R.; ELLIS, G. L.; LOOSLI, J. K. **Minerais para ruminantes em pastejo em regiões tropicais**. Gainesville: University Press, 1985. 94 p.

CONTI, R. M. C. **Efeito de fontes orgânicas de cobre e enxofre sobre a interação cobre, molibdênio e enxofre na alimentação de ovinos**. 2014. 84 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2014.

CORAH, L. H.; IVES, S. The effects of essential trace minerals on reproduction in beef cattle. **Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice**, v. 7, n. 1, p. 41-57, 1991.

COSTA, C. **Efeito da suplementação parenteral de minerais e vitaminas sobre o desempenho de vacas nelore**. 2006. 40 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2006.

COSTA, N. A. **Estudo do proteinograma e dos minerais cobre, ferro e zinco no soro de ovelhas da raça Santa Inês com mastite induzida experimentalmente com *Staphylococcus aureus***. 2009. 92 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2009.

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

CHURCH, C.D. **El ruminante: fisiología digestiva y nutrición**. Editora: Acibia, 1993. p.90.

CRUZ, J. B. F.; SOARES, H. F. Uma revisão sobre o zinco, **Ensaio e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde**, v. 15, n. 1, p. 207-222, 2011.

DINEV, I.; PETKOV, P.; TODOROV, R.; KANAKOV, D.; BINEV, R.; PETKOVA, P. Clinical and morphologic studies of neonatal enzootic ataxia in the goat kids II: pathomorphologic studies. **Trakia Journal of Sciences**, v. 3, n. 5, p. 65-69, 2005.

DOMINGUES, P. F.; LANGONI, H.; PADOVANI, C. R.; GONZALES, J. A. H.; FREGONESI, O. B., Determinação de gordura, proteína, cobre, ferro, manganês, zinco e contagem de células somáticas no leite de vacas com mastite subclínica, **Semina: Ciência Agrárias**, v. 22, n. 2, p. 169-174, 2001.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2006. 306 p.

FAVERO, D. M.; RIBEIRO, C. S.; AQUINO, A. D.; Sulfitos: importância na indústria alimentícia e seus possíveis malefícios à população. **Segurança Alimentar e Nutricional**, v. 18, n. 1, p. 11-20, 2011.

FERNANDES N. S.; SANTIAGO A. M. H. Níveis de cobre em pastagens do Estado do Mato Grosso. **Biológico**, v. 38, n. 10, p. 358-360, 1972.

FERNANDES, M. S. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 239-359.

FERREIRA, M. B.; ANTONELLI, A. C.; ORTOLANI, E. L. Intoxicação por cobre, selênio, zinco e cloreto de sódio. In: SPINOSA, H. S.; GORNIK S. L.; PALERMO-NETO, J. **Toxicologia Aplicada à Medicina Veterinária**. Barueri: Manole, 2008. p. 665-697.

FISCHER, P. W. F.; L'ABBÉ, M. R.; GIROUX, A. Effects of age, smoking, drinking, exercise and estrogen use on indices of copper status in healthy adults. **Nutrition Research**, v. 10, p. 1081-1090, 1990.

GONÇALVES, I. G.; ECHEVARRIA, F. A. M., Cobre no controle da verminose gastrintestinal em ovinos. **Ciência Rural**, v. 34, n. 1, p.183-188, 2004.

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.

HANSEN, S. L.; SCHLEGEL, P.; LEGLEITER, L. R.; LLOYD, K. E.; SPEARS, J. W., Bioavailability of copper from copper glycinate in steers fed high dietary sulfur and molybdenum. **Journal Animal Science**, v. 86, p.173–179, 2008.

JANSEN, C.; BURG, K. V. **Criação de cabras nas regiões tropicais**, Agrodok 7, Wageningen: Fundação Agromisa, 2004. 91 p.

JONES H. B.; GOONERATNE, S. R.; HOWELL J. M. X-ray microanalysis of liver and kidney in copper loaded sheep with and without thiomolybdate administration. **Research in Veterinary Science**, v. 37, p. 273-282, 1984.

KANEKO, J. J.; HARVEY, J. W.; BRUSS, M. L. **Clinical biochemistry of domestic animals**. 6. ed. San Diego: Academic Press, 2008. 928 p.

NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de Bioquímica de Lehninger**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2014. 1328 p.

LEITE, E. R. Manejo alimentar de caprinos e ovinos em pastejo no nordeste do Brasil. **Ciência Animal**, v. 12, n. 2, p. 119-128, 2002.

LENTZ, D. **Deficiência de cobre como causa de enfermidade sazonal em bovinos no estado de Santa Catarina**. 2012. 52 f. Dissertação (Mestrado) Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2012.

LISBÔA, J. A. N.; KUCHEMUCK, M. R. G.; KOHAYAGAWA, A.; BOMFIM, S. R. M.; SANTIAGO, A. M. H.; DUTRA, I. S. Resultados de patologia clínica e dosagem de elementos minerais em bovinos acometidos pelo botulismo epizootico no Estado de São Paulo. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 16, n. 4, p. 91-97, 1996.

LOPES, H. O. S.; FICHTNER, S. S.; JARDIM, E. C.; COSTA, C. P.; MARTINS JUNIOR, W. Teores de cobre e zinco em amostras de solo, forrageiras e tecido animal da micro-região Mato Grosso de Goiás. **Arquivos da Escola de Veterinária da UFMG**, v. 32, n. 2, p. 151-159, 1980.

LÓPEZ-ALONSO, M.; PRIETO, F.; MIRANDA, M.; CASTILLO, C.; HERNANDEZ, J.; BENEDITO, J.L. The role of metallothionein and zinc in hepatic copper accumulation in cattle. **The Veterinary Journal**, v. 169, p. 262-267, 2005.

MADELLA-OLIVEIRA, A. F.; QUIRINO, C. R.; PACHECO, A. Principais hormônios que controlam o comportamento reprodutivo e social das fêmeas ruminantes – Revisão. **PUBVET**, v. 8, n. 3, art. 1668, 2014.

MAFRA, D.; COZZOLINO, S.M.F. Importância do zinco na nutrição humana. **Revista Nutrição**, v. 17. n. 1, p. 79-87, 2004.

MARQUES, A. P.; RIET-CORREA, F.; SOARES, M. P.; ORTOLANI, E. L.; GIULIODORI, M. J. Mortes súbitas em bovinos associadas à carência de cobre. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 23, n. 1, p. 21-32, 2003.

MARQUES, A. P. L.; BOTTEON, R. D. C. C. M.; AMORIM, E. B.; BOTTEON, P. D. T. L. Deficiência de cobre condicionada a altos teores de zinco, manganês e ferro na região do Médio Paraíba, RJ, Brasil. **Ciências Agrárias**, v. 34, n. 3, p. 1293-1300, 2013.

MARQUES, A. V. S.; SOARES, P. C.; RIET-CORREA, F.; MOTA, I. O.; SILVA, T. L. A.; BORBA NETO, A V.; SOARES, F. A. P.; ALENCAR, S. P. Teores séricos e hepáticos de cobre, ferro, molibdênio e zinco em ovinos e caprinos no estado de Pernambuco. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 31, n. 5, p. 398-406, 2011.

MARQUES J. J.; SCHULZE, D. G.; CURTI, N.; MERTZMAN, S.A. Trace element geochemistry in Brazilian Cerrado soils. **Geoderma**, v. 121, p.31-43, 2004.

MASON, J. The biochemical pathogenesis of molybdenum-induced copper deficiency syndromes in ruminants-towards the final chapter. **Irish Veterinary Journal**, v. 43, n. 1, p. 18-21, 1990.

MATTIOLI, G. A.; FRAZZIO, L. E.; PICCO, S. J.; ROSA, D. E.; MELANI, G.; PALACIOS, A. Efecto terapéutico de la suplementación estratégica con cobre en terneros de cría. **Revista Veterinaria**, v. 18, n. 1, p. 9-13, 2007.

McDOWELL, L. R. **Minerais para ruminantes sob pastejo em regiões tropicais, enfatizando o Brasil**. 3. ed. Gainesville: University Press, 1999. 292 p.

McDOWELL, L. R. **Minerals in Animal and Human Nutrition**. New York: Academic Press, 2003. 524 p.

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**, v. 32, n. 3, p. 279-284, 2010.

MENDONÇA JÚNIOR, A. F. D.; BRAGA, A. P.; RODRIGUES, A. P. M. D. S.; SALES, L. E. M. D.; MESQUITA, H. C. D. Minerais: importância de uso na dieta de ruminantes. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 7, n. 1, p. 1-13, 2011.

MEYER, D. J.; HARVEY, J. W. **Veterinary laboratory medicine: interpretation and diagnosis**. 3. ed. Missouri: Saunders Elsevier, 2004. 351 p.

MORAES S. S.; TOKARNIA C. H.; DÖBEREINER 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.

NRC. NUTRIENT REQUIREMENTS OF SMALL RUMINANTS – NRC. **Sheep, goats, cervids and new world camelids**. Washington, DC: National Academy Press, 2007. 362 p.

NIEKERK, F. E. van; CLOETE, S. W. P.; BARNARD, S. A.; HEINE, E. W. P. Plasma copper, zinc and blood selenium concentrations of sheep, goats and cattle. **South African Journal of Animal Science**, v. 20, n. 3, p. 144-147, 1990.

ORTOLANI, E. L. **Efeito da suplementação dietética de enxofre e molibdênio sobre a infestação de *Haemonchus contortus*, (Ridolphi, 1803) em ovinos. Estudo de alguns aspectos metabólicos do cobre e sódio e da resposta celular do hospedeiro**. 1987. 94 f. Tese (Livro-docente) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

ORTOLANI, E. L. Macro e microelementos. In: SPINOSA, H. S.; GORNIÁK, S. L.; BERNARDI, M.M. **Farmacologia Aplicada à Medicina Veterinária**. 4.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006. p. 750-761.

PACHECO, A.; QUIRINO C. R. Comportamento sexual em ovinos. **Revista Brasileira Reprodução Animal**, v. 34, n. 2, p. 87-97, 2010.

PEIXOTO, A. M.; MOURA, J. C.; FARIA, V. P. **Nutrição de bovinos – Conceitos básicos e aplicados**. 5. ed. Piracicaba: FEALQ, 2004. P. 414-415.

PEREIRA, J. C. Sais minerais (macro e microelementos). **Boletim do Criadouro Campo das Caviúnas**, n. 18, p. 1-26, 2005.

PICCO, S.; PONZZINIBIO, M. V.; MATTIOLI, G.; ROSA, D.; MINATEL, L.; FAZZIO, L.; SEOANE, A. Physiological and genotoxic effects of molybdenum-induced copper deficiency in cattle. **Agrociencia**, v. 46, p. 107-117, 2012.

POTT, E. B.; ALMEIDA, I. L.; BRUM, P. A. R.; COMASTRI FILHO, J. A.; POTT, A.; DYNIA, J. E. Nutrição mineral de bovinos de corte no Pantanal Mato-grossense. 2. Micronutrientes na Nhecolândia (parte central). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 24, n. 1, p. 109-126, 1989.

POTT E. B.; HENRY P. R.; ZANETTI M. A.; RAO P. V.; HINDERBERGER E. J.; AMMERMAN C. B. Effects of high molybdenum concentration and duration of feeding time on molybdenum and copper metabolism in sheep. **Animal Feed Science and Technology**, v. 79, p. 93-105, 1999.

QUIROZ-ROCHA, G. F.; BOUDA, J. Fisiopatología de las deficiencias de cobre en rumiantes y su diagnóstico. **Veterinaria México**, v. 32, n. 4, p. 289-296, 2001.

RADOSTITS, O. M.; GAY, C. C.; HINCHCLIFF, K. W.; CONSTABLE, P. D. **Veterinary Medicine: a textbook of the diseases of cattle, horses, sheep, pigs, and goats**. 10. ed. Philadelphia: Saunders Elsevier, 2007. 2156 p.

RIBEIRO, S. M. S.; QUEIROZ, J. H.; PELUZO, M. R. C.; COSTA, N. M. B. A formação e os efeitos das espécies reativas de oxigênio no meio biológico. **Bioscience Journal**, v. 21, n. 3, p. 133-149, 2005.

RIET-CORREA, F.; BONDAN, E. F.; MENDEZ, M. C.; MORAES, S. S.; CONCEPCIÓN M. R. Efeito da suplementação com cobre e doenças associadas à carência de cobre em bovinos no Rio Grande do Sul. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 13, n. 3/4, p. 45-49, 1993.

RIET-CORREA, F. Suplementação mineral em pequenos ruminantes no semi-árido. **Ciência Veterinária nos Trópicos**, v. 7, n. 2/3, p. 112-130, 2004.

RIET-CORREA, F.; SCHILD, A. L.; MÉNDEZ, M. C.; LEMOS, R. A. A. **Doenças de Ruminantes e Equinos**. 2. ed. São Paulo: Varela, 2006. 574 p.

ROSA, D. E.; MATTIOLI, G. A. Metabolismo y deficiência de cobre en los bovinos. **Analecta Veterinaria**, v. 22, n. 1, p. 7-16, 2002.

SANTOS, B. R. C.; ALFAYA, H.; DIAS, A. E. A.; SILVA, J. B. Correlation of the phosphorus in the system soil-plant-animal in natural pasture in the region of Campanha-RS. **Archivos de Zootecnia**, v. 59, n. 228, p. 487-497, 2010.

SANTOS, G. R. A.; BATISTA, A. M. V.; GUIM, A.; SANTOS, M. V. F.; ARAÚJO SILVA, M. J. Determinação da composição botânica da dieta de ovinos em pastejo na caatinga, **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 10, p. 1876-1883, 2008.

SANTOS, N. L.; SILVA, V. C.; MARTINS, P. E. S.; ALARI, F. O.; GALZERANO, L.; MICELI, N. G. The interactions between soil, plant and animal in the grassland ecosystem, **Ciência Animal**, v. 21, n. 1, p. 65-76, 2011.

SANTOS, N. V. M.; SARKIS, J. E. S.; GUERRA, J. L.; MAIORKA, P. C.; HORTELANI, M. A.; SILVA, F. F.; ORTOLANI, E. L. Avaliação epidemiológica, clínica, anatomopatológica e etiológica de surtos de ataxia em cabritos e cordeiros. **Ciência Rural**, v. 36, n. 4, p. 1207-1213, 2006.

SENTO SÉ, F. S. **Avaliação do uso da torta de Licuri (*Syagrus coronata*) na prevenção da carência de cobre em ovinos**, 2014. 89 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Vale do São Francisco, Petrolina, 2014.

SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solo, plantas e fertilizantes**. 2. ed. Brasília: Embrapa, 2009. p. 23-55.

SILVA, M. A. G.; MUNIZ, A. S.; NODA, A. Y.; MARCHETTI, M. E.; MATA, J. D. D. V.; LOURENTE, E. R. P. Metodologias e eficiência de extratores para zinco, cobre, ferro e manganês. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 31, n. 3, p. 537-545, 2009.

SILVA, N. V.; COSTA, R. G.; FREITAS, C. R. G.; GALINDO, M. C. T.; SILVA, L. S. Alimentação de ovinos em regiões semiáridas do Brasil. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 4, n. 4, p. 233-241, 2010.

SILVA JÚNIOR, S. S. **Determinação dos teores de cobre e seus principais antagonistas em ovinos e caprinos criados na microrregião de Petrolina em Pernambuco**, 2013. 92 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Vale do São Francisco, Petrolina, 2013.

SILVA, L. A. F.; CUNHA, P. H. J.; JARDIM, E. A. G. V.; FIORAVANTI, M. C. S.; TRINDADE, B. R.; SILVA, M. A. M.; GONÇALVES, J. R.; GONÇALVES, P. P. C.; PRAZERES, A. Efeito da administração parenteral de cobre sobre o ganho de peso, eritrograma e parênquimas, hepático e renal, em bovinos mestiços (Zebu x Europeu) confinados. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 25, n. 3, p. 225-234, 2004.

SMITH, B. P. **Medicina Interna de Grandes Animais**. 3. ed. Barueri: Manole, 2006. 1784 p.

SOLAIMAN, S. G.; SHOEMAKER, E.; JONES, W. R.; KERTH, C. R. The effect of high level of Cu on serum lipid profile and carcass characteristics in goat kids. **Journal of Animal Science**, v. 84, p. 171-177, 2006.

SOUSA, J. C.; CONRAD, J. H.; McDOWELL, L. R.; AMMERMAN, C. B.; BLUE, W. G. Inter-relações entre minerais no solo, forrageiras e tecido animal. 2. Cobre e molibdênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 15, n. 3, p. 335-341, 1980.

SOUSA, J. C. Aspectos da suplementação mineral de bovinos de corte. **Circular técnica - EMBRAPA**, n. 5, p. 50, 1981.

SOUSA, J. C.; NICODEMO, M. L. F.; DARSIE, G. Deficiências minerais em bovinos de Roraima, Brasil. V. Cobre e molibdênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 24, n. 12, p. 1547-1554, 1989.

SOUZA, C. M. S.; MEDEIROS, A. N.; COSTA, R. G.; SALES, E. P.; SILVA, A. M. A.; LIMA JÚNIOR, V., Micromineral nutritional requirements for weight gain in Caniné goats under grazing in the brazilian semiarid, **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 35, n. 2, p. 173-179, 2013.

SPEARS, J. W.; KEGLEY, E. B.; MULLIS, L. A. Bioavailability of copper from tribasic copper chloride and copper sulfate in growing cattle, **Animal Feed Science and Technology**, v. 116, p. 1–13, 2004.

SUTTLE, N. F.; ABRAHAMS, P.; THORNTON, I. The role of a soilx dietary sulphur interaction in the impairment of copper absorption by ingested soil in sheep. **The Journal of Agricultural Science**, v. 103, n. 1, p. 81-86, 1984.

SUTTLE N. F. Copper deficiency in ruminants: recent developments. **Veterinary Records**, v. 119, n. 21, p. 519-522, 1986.

SUTTLE, N. F. The interactions between copper, molybdenum, and sulphur in ruminant nutrition. **Annual Veterinary Nutrition**, v. 11, p.121–140, 1991.

SUTTLE, N. F. **Mineral Nutrition of Livestock**. 4. ed. Oxfordshire: CAB International Publishing, 2010. 587 p.

TOKARNIA, C. H.; CANELLA C. F. C.; DÖBEREINER, J. Deficiência de cobre em bovinos no Delta do Rio Parnaíba, nos Estados do Piauí e Maranhão. **Arquivos do Instituto de Biologia Animal**, v. 3, p. 25-37, 1960.

TOKARNIA, C. H.; DÖBEREINER, J.; CANELLA C. F. C.; GUIMARÃES J. A. Ataxia enzoótica em cordeiros no Piauí. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 1, p. 375-382, 1966.

TOKARNIA, C. H.; CANELLA C. F. C.; GUIMARÃES J. A.; DÖBEREINER, J. Deficiência de cobre e cobalto em bovinos e ovinos no Nordeste e Norte do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 3, p. 351-360, 1968.

TOKARNIA, C. H.; GUIMARÃES J. A.; CANELLA C. F. C.; DÖBEREINER, J. Deficiência de cobre e cobalto em bovinos e ovinos em algumas regiões do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 6, p. 61-77, 1971.

TOKARNIA, C. H.; DÖBEREINER, J.; MORAES, S. S. Situação atual e perspectivas da investigação sobre nutrição mineral em bovinos no Brasil. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 8, n. 1/2, p. 1-16, 1988.

TOKARNIA, C. H.; DÖBEREINER, J.; MORAES, S. S.; PEIXOTO, P. V. Deficiências e desequilíbrios minerais em bovinos e ovinos - revisão dos

estudos realizados no Brasil de 1987 a 1998. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 19, n. 2, p. 47-62, 1999.

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

TOKARNIA, C. H.; PEIXOTO, P. V.; BARBOSA, J. D.; BRITO, M. F.; DÖBEREINER, J. et al. Deficiência de cobre. In: \_\_. **Deficiências Minerais em Animais de Produção**. Rio de Janeiro: Helianthus, 2010. cap.7.1, p. 88-102.

TOMA, H. S.; CHIACCHIO, S. B.; MONTEIRO, C. D. Aspectos clínicos, laboratoriais, necroscópicos e métodos diagnósticos da ataxia enzoótica em pequenos ruminantes, **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária**, v. 8, n. 15, 2010.

TRINDADE, D. S.; CAVALHEIRO, A. C. L.; ARNT, L. M. Concentrações de cobre, zinco e enxofre em pastagens do Rio Grande do Sul. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 19, p. 489-497, 1990.

UMBELINO, D. C.; ROSSI, E. A. Deficiência de ferro: consequências biológicas e propostas de prevenção. **Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada**, v. 27, n. 2, p.103-112, 2006.

VAN RYSSSEN, J. B. J.; STIELAU, W. J. The effect of various levels of dietary copper and molybdenum on copper and molybdenum metabolism in sheep. **South African Journal of Animal Science**, v. 10, p. 37-47, 1980.

VAN RYSSSEN, J. B.; STIELAU, W. J. Effect of different levels of dietary molybdenum on copper and Mo metabolism in sheep fed on high levels of Cu. **British Journal of Nutrition**, v. 45, p. 203-210, 1981.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476 p.

VASQUEZ, E. F. A.; HERRERA, A. P. N.; SANTIAGO, G. S. Interação cobre, molibdênio e enxofre em ruminantes. **Ciência Rural**, v. 31, n. 6, p. 1101-1106, 2001.

WALLER, P. J.; BERNES, G.; RUDBY-MARTIN, L.; LJUNGSTRÖM, B. L.; RYDZIK, A. Evaluation of copper supplementation to control *Haemonchus contortus* infections of sheep in Sweden. **Acta Veterinaria Scandinavica**, v. 45, p.149-160, 2004.

WRIGHT, C. L.; SPEARS, J. W. Effect of zinc source and dietary level on zinc metabolism in holstein calves. **Journal of Dairy Science**, v. 87, n. 4, p. 1085-1091, 2004.

ZATTA, P., FRANK, A. Copper deficiency and neurological disorders in man and animals, **Brain Research Reviews**, v. 54, p.19-33, 2007.

## CAPITULO 1

Artigo submetido e aceito para publicação no periódico *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*.

Níveis séricos e hepáticos de cobre, zinco, ferro e molibdênio em ovinos e caprinos criados no semiárido da Bahia

Serum and hepatic levels of copper, zinc, iron and molybdenum in sheep and goats raised in the semiarid of Bahia state

Willy Requião da Silva<sup>1</sup>, Iara Macedo de Melo Gomes<sup>2</sup>, Josemário Ferreira Rocha Filho<sup>2</sup>, Clara Satsuki Mori<sup>3</sup>, Lilian Emy dos Santos Michima<sup>3</sup>, Enrico Lippi Ortolani<sup>3</sup>, Alexandre Coutinho Antonelli<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Aluno de pós-graduação em Ciência Animal – Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF – Petrolina, PE

<sup>2</sup>Aluno de graduação em Medicina Veterinária – Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF – Petrolina, PE

<sup>3</sup>Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo – FMVZ/USP – São Paulo, SP

<sup>4</sup>Colegiado de Medicina Veterinária, Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF – Petrolina, PE

### RESUMO

Objetivou-se conhecer os teores de cobre, zinco, ferro e molibdênio em soro e fígado de pequenos ruminantes criados nos municípios de Casa Nova e Juazeiro, estado da Bahia, e verificar se há carência primária ou secundária de cobre. Foram avaliadas um total de 160 amostras de ovinos e caprinos de ambos os sexos, coletados no período seco e chuvoso. Os valores de cobre sérico para caprinos foi de  $13,8 \pm 0,3$   $\mu\text{mol/L}$  e para ovinos foi de  $12,2 \pm 0,4$   $\mu\text{mol/L}$ , enquanto que os teores hepáticos médios foram de 220 ppm para caprinos e 238 ppm para ovinos. Os valores de zinco sérico para caprinos foram de  $28,3 \pm 1,0$   $\mu\text{mol/L}$  e para ovinos foi de  $28,7 \pm 0,8$   $\mu\text{mol/L}$ , enquanto que os teores hepáticos médios foram de 99 ppm para caprinos e 92 ppm para

ovinos. Os valores de ferro sérico para caprinos foi de  $61 \pm 3$   $\mu\text{mol/L}$  e para ovinos foi de  $64 \pm 2$   $\mu\text{mol/L}$ , enquanto que os teores hepáticos foram de 172 ppm para caprinos e 221 ppm para ovinos. Os valores médios de cobre não indicam ocorrência de carência deste elemento nos pequenos ruminantes criados nos municípios estudados. Os teores de zinco encontravam-se dentro dos intervalos de normalidade, não sendo verificado a necessidade de suplementação extra deste mineral. Os teores de ferro sérico apresentavam-se bem elevados, contudo sem que houvesse interferência suficiente no metabolismo do cobre de forma a resultar em uma deficiência cúprica.

Palavras-chave: microminerais, fígado, soro, pequenos ruminantes

#### ABSTRACT

The aim of this research was to know the content of copper, zinc, iron and molybdenum in serum and liver of small ruminants raised in the cities of Casa Nova and Juazeiro, state of Bahia, and verify the occurrence of primary or secondary copper deficiency. It was evaluated a total of 160 samples of sheep and goats of both sexes collected in the dry and rainy season. The values for serum copper in goats was  $13.8 \pm 0.3$   $\mu\text{mol/L}$  and in sheep was  $12.2 \pm 0.4$   $\mu\text{mol/L}$ , while the mean liver concentration was 220 ppm for goats and 238 ppm for sheep. The serum zinc values for goats was  $28.3 \pm 1.0$   $\mu\text{mol/L}$  and for sheep was  $28.7 \pm 0.8$   $\mu\text{mol/L}$ , while the mean liver concentration was 99 ppm goats and 92 ppm for sheep. Serum iron values for goats was  $61 \pm 3$   $\mu\text{mol/L}$  and for sheep was  $64 \pm 2$   $\mu\text{mol/L}$ , while liver levels were 172 ppm for goats and 221 ppm for sheep. Copper mean values do not indicate occurrence of copper deficiency in small ruminants raised in the cities studied. Zinc levels were within the normal values and are not found to require extra supplementation of this mineral. The serum iron levels were elevated, however it did not interfere in copper metabolism in order to result in a cupric deficiency.

Keywords: microminerals, liver, serum, small ruminants

## INTRODUÇÃO

Dos diversos estudos sobre as carências minerais em ruminantes, a maior parte dos trabalhos foi conduzida com bovinos, assim como as formas de suplementação mais eficientes e econômicas. Contudo, as informações sobre as deficiências minerais em ovinos e caprinos são limitadas, principalmente em relação a caprinos e àqueles criados na região semiárida (McDowell, 1999; Tokarnia *et al.*, 2000).

A falta de estudos faz com que criadores suplementem os animais com minerais que não são necessários e, inclusive, atuam como antagonistas para outros minerais, como por exemplo, o molibdênio que antagoniza o cobre; o ferro que antagoniza fósforo e cobre; e enxofre que antagoniza o cobre e selênio (McDowell, 1999; Tokarnia *et al.*, 1999).

Poucos são os estudos realizados no Estado da Bahia relacionados à carência de cobre em pequenos ruminantes, principalmente na região do semiárido, onde se concentra grande parte dos caprinos e ovinos, que se adaptaram às características da região. Atualmente, a Bahia tem o maior rebanho de caprinos e ovinos do país com 4,2 e 2,5 milhões de cabeças, o que representa 42,0% e 16,5% do rebanho nacional, respectivamente. A microrregião geográfica de Juazeiro-BA (Mesorregião Vale São-Franciscano da Bahia) destaca-se como uma das principais produtoras de caprinos e ovinos. Outro fato importante é que 50% do rebanho de caprinos e ovinos do Nordeste estão localizados em propriedades com menos de 30 ha, exploradas em sistema extensivo, onde não são adotadas práticas adequadas de manejo alimentar e sanitário, contribuindo para a baixa produtividade da ovinocaprinocultura (BRASIL, 2006).

Assim, objetivou-se conhecer os teores de cobre e de seus principais antagonistas (molibdênio, ferro e zinco) no sangue e fígado de ovinos e caprinos e no solo, nas propriedades das cidades de Juazeiro e Casa Nova do estado da Bahia, considerando a espécie, sexo e sazonalidade.

## MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética e Deontologia em Estudos e Pesquisas (protocolo nº 0019/041011-CEDEP) da Universidade Federal do Vale do São Francisco.

Este trabalho foi conduzido no Abatedouro Almeida Ltda. (ABATAL), localizado no município de Juazeiro, Bahia, Brasil (9° 25' 48.90" S; 40° 28' 13.25" O). No abatedouro, os animais foram escolhidos aleatoriamente dentro de lotes pelo Médico Veterinário responsável pelo Serviço de Inspeção Sanitária do estabelecimento, conforme o município de procedência do animal, sendo selecionados apenas animais oriundos dos municípios de Juazeiro e Casa Nova, ambos contidos na microrregião de Juazeiro situado na mesorregião do Vale São-Franciscano da Bahia.

Foram selecionados 80 caprinos e 80 ovinos, sendo divididos em dois grupos iguais (20 machos e 20 fêmeas de cada espécie), de acordo com os períodos (chuvoso e seco), totalizando ao final do experimento 160 animais.

Para definir os períodos de seco e chuvoso na microrregião de Juazeiro, foram utilizados os registros de dados históricos de precipitação pluviométrica junto ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), definidos pela média histórica para a região. Considerando a média histórica da pluviosidade para os municípios da microrregião de Juazeiro, estabeleceu-se o terço final de período chuvoso nos meses de março e abril e o terço final do período seco nos meses de agosto e setembro, e desta forma procedeu-se toda a coleta de material biológico no abatedouro nos períodos de agosto e setembro de 2013 e março e abril de 2014.

Amostras de sangue foram coletadas por venopunção da veia jugular em tubos siliconizados para coleta a vácuo sem anticoagulante para obtenção de soro, utilizando agulha 25x8. As coletas de sangue foram realizadas durante o período de descanso pré-abate, com os animais em jejum por um período médio de seis horas. As amostras foram centrifugadas e armazenadas a -20° C até serem processadas.

As amostras de fígado foram obtidas após o abate dos animais, no momento da evisceração dos mesmos pelos funcionários do abatedouro, sendo coletado por meio de corte no lóbulo caudal do fígado, obtendo-se uma amostra de cerca de 50 g. Os fragmentos eram secos com papel filtro para retirada do excesso de sangue e armazenados em coletores universais de 50 mL, devidamente identificados, e armazenadas a -20° C até serem processadas.

As amostras de soro e fígado foram digeridas e os teores séricos e hepáticos de cobre, zinco, ferro e molibdênio determinados através de espectrometria óptica por emissão de plasma de acordo com protocolo descrito por Minervino (2011).

Após a coleta de material biológico realizou-se o rastreamento dos animais, buscando-se identificar as propriedades de origem dos mesmos. A partir desta informação, foram realizadas visitas as propriedades para coletar amostras de solo, e caracterizar os sistemas de produção e manejo dos animais. Para obter essas informações foram aplicados questionários aos proprietários. Foi coletado material de animais oriundos de 13 fazendas das duas cidades durante todo o experimento, sendo seis propriedades localizadas no município de Casa Novas e sete propriedades localizadas no município de Juazeiro.

As amostras de solo foram coletadas e analisadas pelo método de extração com solução de Mehlich 1 para determinação de cobre, zinco e ferro (Page *et al.*, 1986; Silva, 2009). Os teores médios de cobre foram de  $0,90 \pm 0,10$  mg/dm<sup>3</sup>, enquanto que os teores médios de zinco determinados foram de  $148 \pm 16,1$  mg/dm<sup>3</sup>, e os teores médios de ferro no solo foram de  $46,9 \pm 7,8$  mg/dm<sup>3</sup>. O pH médio do solo foi de 6,75.

Os dados obtidos foram primeiramente analisados quanto a sua distribuição normal pela prova de Kolmogorov-Smirnov, onde todas as variáveis apresentaram distribuição normal. Posteriormente estes dados foram avaliados segundo testes estatísticos paramétricos, por meio de análise de variância, separando como fonte de variação o efeito das espécies, sexo e período. Foi avaliada também a variação do Período separadamente por Espécie. O modelo matemático utilizado foi:  $Y_{ij} = E + S + P + ESP + e_{ij}$ , onde:  $Y_{ij}$  = valor observado; E = efeito da espécie; S = efeito do sexo; P = efeito do período; ESP = Interação espécie x sexo x período;  $e_{ij}$  = erro. E para a análise separada por espécie foi utilizado o modelo:  $Y_{ij} = S + P + e_{ij}$ , onde:  $Y_{ij}$  = valor observado; S = efeito do sexo; P = efeito do período;  $e_{ij}$  = erro. Não foi analisada a interação entre as fontes de variação, sendo realizada a análise de variância testando apenas os efeitos principais. Quando os efeitos principais foram significativos no teste F, as médias foram confrontadas pelo teste de Tukey-Kramer. Foi

adotado o nível de significância de 5% ( $p \leq 0,05$ ) para todas as análises realizadas.

## RESULTADOS

Em relação ao cobre sérico, foi verificada a existência de diferença significativa apenas para Espécie e Sexo. A variável zinco sérico não mostrou diferença significativa. O ferro sérico demonstrou diferença significativa para Período. Ao analisarmos os resultados do molibdênio sérico, foi possível verificar que houve diferença significativa para Período, Espécie e Sexo.

Ao compararmos as médias de cobre sérico para Espécie, constatamos que os caprinos apresentaram um valor significativamente superior aos ovinos, e para a variação Sexo, verificamos que fêmeas mostraram valores significativamente mais elevados que machos, conforme podemos constatar na Tab. 1.

Tabela 1. Valores médios e erro padrão das médias dos teores de Cobre, Zinco, Ferro e Molibdênio sérico ( $\mu\text{mol/L}$ ) de ovinos e caprinos criados na região semiárida da Bahia por período, espécie e sexo, e por período separadamente por espécie.

Variáveis	Período		Espécie		Sexo	
	Seco	Chuvoso	Ovino	Caprino	Macho	Fêmea
Cobre	12,9±0,4	13,2±0,4	12,2±0,4 <sup>B</sup>	13,8±0,3 <sup>A</sup>	12,2±0,3 <sup>B</sup>	13,8±0,4 <sup>A</sup>
Zinco	27,3±1,1	29,7±0,7	28,7±0,8	28,3±1,0	28,7±0,8	28,3±1,0
Ferro	50±2 <sup>B</sup>	73±2 <sup>A</sup>	64±2	61±3	64±2	60±3
Molibdênio	0,16±0,02 <sup>B</sup>	0,26±0,02 <sup>A</sup>	0,25±0,02 <sup>A</sup>	0,19±0,02 <sup>B</sup>	0,24±0,02 <sup>A</sup>	0,19±0,02 <sup>B</sup>

	Ovino		Caprino	
	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso
Cobre	12,3±0,6	12,2±0,5	13,4±0,5	14,1±0,4
Zinco	27,1±1,4	30,4±0,7	27,4±1,6	28,2±1,2
Ferro	54,6±3,3	72,6±3,1	47,2±2,2	75,0±3,5
Molibdênio	0,19±0,03	0,29±0,03	0,13±0,02	0,24±0,02

Nota: Letras maiúsculas distintas nas linhas indicam diferenças significativas dentro de cada fator ( $p < 0,05$ ).

Ao analisarmos os resultados referentes aos teores séricos de ferro, é possível verificar que durante o período chuvoso os animais apresentaram um valor significativamente superior aos animais abatidos durante o período seco, como mostra a Tab. 1.

Ao analisarmos os resultados do molibdênio sérico, foi possível verificar que os animais criados no período chuvoso apresentavam valores significativamente superiores aos animais do período seco. Já ao compararmos as espécies, foram determinados nos ovinos valores significativamente maiores que nos caprinos. E quando avaliada a variação em relação ao sexo dos pequenos ruminantes, os machos possuíam valores significativamente superiores aos valores médios apresentados pelas fêmeas, conforme demonstrado na Tab. 1.

Quando avaliados os teores hepáticos dos microminerais, foi verificado que não existiu diferença significativa em relação ao cobre hepático. O zinco hepático mostrou diferença significativa para Período e Sexo, e para o Período separadamente por espécie. Já o ferro hepático mostrou diferença significativa para Período e Espécie, e para o Período separadamente por espécie, para ovinos. Ao analisarmos os resultados do molibdênio hepático, foi possível verificar que houve diferença significativa para Sexo e para o Período separadamente por espécie, para ovinos.

Quando analisamos os valores hepáticos de zinco, verificamos que não houve variação significativa entre ovinos e caprinos, assim como não houve diferença significativa entre machos e fêmeas. No entanto, os animais do período chuvoso apresentaram valores significativamente mais elevados que os animais do período seco. Já quando comparamos os resultados do Período separadamente por espécie, verificamos que tanto os ovinos do período chuvoso e como os caprinos do período chuvoso apresentaram os maiores valores significativos em relação aos de suas espécies no período seco, conforme demonstrado na Tab. 2.

Tabela 2. Valores médios e erro padrão das médias dos teores de Cobre, Zinco, Ferro e Molibdênio hepático (ppm) de ovinos e caprinos criados na região semiárida da Bahia por período, espécie e sexo, e por período separadamente por espécie.

Variáveis	Período		Espécie		Sexo	
	Seco	Chuvoso	Ovino	Caprino	Macho	Fêmea
Cobre	219±14	239±14	238±14	220±13	234±15	224±13
Zinco	74±5 <sup>B</sup>	116±3 <sup>A</sup>	92±5	99±4	90±5 <sup>B</sup>	100±4 <sup>A</sup>
Ferro	178±15	215±11 <sup>A</sup>	221±16 <sup>A</sup>	172±10 <sup>B</sup>	185±12	208±15
Molibdênio	2,5±0,2	2,5±0,1	2,5±0,1	2,5±0,2	2,1±0,1 <sup>B</sup>	2,8±0,2 <sup>A</sup>

	Ovino		Caprino	
	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso
Cobre	243±23	233±18	195±16	246±21
Zinco	63±5 <sup>B</sup>	120±6 <sup>A</sup>	85±7 <sup>B</sup>	112±3 <sup>A</sup>
Ferro	176±25 <sup>B</sup>	269±16 <sup>A</sup>	181±18	164±8
Molibdênio	2,2±0,2 <sup>B</sup>	2,8±0,2 <sup>A</sup>	2,7±0,3	2,2±0,2

Nota: Letras maiúsculas distintas nas linhas indicam diferenças significativas dentro de cada fonte de variação ( $p < 0,05$ ).

Os resultados de ferro hepático mostram que não houve variação significativa entre machos e fêmeas, contudo, os animais no período chuvoso apresentaram valores significativamente superiores aos animais do período seco, assim como os ovinos também obtiveram médias significativamente maiores que os caprinos. Ao analisarmos a variação por período separadamente por espécie, verificamos variação apenas para os ovinos, onde os animais no período chuvoso apresentaram valores significativamente mais elevados que os ovinos do período seco, como apresentado na Tab. 2.

Ao avaliarmos os resultados do molibdênio hepático, verificamos que as fêmeas apresentaram valores significativamente superiores aos machos, enquanto que não houve diferença entre o período seco e chuvoso, assim como entre os caprinos e ovinos. Ao avaliar a variação no Período por espécie, foi possível verificar que os ovinos do período chuvoso apresentaram teor hepático de molibdênio significativamente mais elevado que os ovinos do período seco, e que não variação entre os períodos para os caprinos, conforme mostra a Tab. 2.

## DISCUSSÃO

Na região estudada, a figura do atravessador é marcante, sendo que todos os animais utilizados neste experimento, apesar de oriundos de 13 propriedades diferentes, todos foram comercializados com o abatedouro através de um atravessador, impossibilitando relacionar diretamente o animal a

sua propriedade de origem, pois o atravessador compra animais de diversas propriedades e os leva ao abatedouro em um lote único. Esse relacionamento elevado com atravessadores foi verificado também no município de Tauá-CE, terceiro maior município criador de ovinos no Nordeste, onde 73,5% dos proprietários afirmam comercializar seus animais com atravessadores (Belchior *et al.* 2014). Este fato justifica a dificuldade neste estudo em realizar uma análise mais profunda da influência dos teores de microminerais no solo e sua relação com suas concentrações nos tecidos biológicos dos animais.

Entretanto, é possível fazer algumas considerações sobre os solos analisados. Os valores médios de cobre de  $0,9 \text{ mg/dm}^3$  são considerados como apresentando teores médios de cobre segundo Ribeiro *et al.* (1999). Já segundo Sousa *et al.* (1980), estes valores são próximos aos considerados deficientes ( $< 0,6 \text{ mg/dm}^3$ ) estando abaixo do considerado normal ( $2 \text{ mg/dm}^3$ ). Em relação ao ferro no solo, os teores médios de  $46,9 \text{ mg/dm}^3$  são considerados de alta disponibilidade segundo Ribeiro *et al.* (1999), assim como os teores médios de zinco ( $148 \text{ mg/dm}^3$ ).

A solubilidade de microminerais catiônicos no solo como cobre, zinco e ferro diminui conforme o pH do solo vai ficando mais alcalino, conforme demonstrou Camargo *et al.* (1982). E quanto menor a solubilidade, menor será a disponibilidade dos microminerais para a forragem. Desta forma é preciso sempre analisar os teores de microminerais associado à análise do pH do solo. O pH médio dos solos neste estudo pode ser considerado próximo a neutralidade, o que resultaria em uma disponibilidade menor dos microminerais para as forragens. Em estudo realizado por Sousa *et al.* (1980), o pH de solo 6,5 foi suficiente para diminuir a disponibilidade do cobre para as plantas a ponto dos animais acumularem significativamente menos cobre que os animais criados nos demais tipos de solo com pH mais ácido.

Apesar de solos com pH ácido favorecerem disponibilidade de microminerais como cobre, ferro e zinco para plantas, o intervalo de pH 6,0-6,5 é o mais favorável para o crescimento das plantas, proporcionando disponibilidade máxima para macronutrientes como nitrogênio, fósforo e enxofre (Faquin, 2005). Avaliando neste aspecto, a suplementação de microminerais para animais é mais interessante do que acidificar o pH do solo para favorecer sua disponibilidade para a planta, prejudicando crescimento

vegetal, gerando menor quantidade de forragem.

Em relação ao cobre sérico, verificou-se que os valores obtidos para as espécies caprina e ovina (13,8 e 12,2  $\mu\text{mol/L}$ , respectivamente) foram ligeiramente superiores aos resultados obtidos por Silva Junior (2013), que obteve valores médios de 11,5  $\mu\text{mol/L}$  para caprinos e 10,4  $\mu\text{mol/L}$  para ovinos em estudo desenvolvido na microrregião de Petrolina, com clima semelhante a região alvo do presente estudo. Os valores obtidos por Marques *et al.* (2011) também foram inferiores, com teores médios de 9,85  $\mu\text{mol/L}$  para ovinos e 11,37  $\mu\text{mol/L}$  para caprinos, valores estes considerados como deficiência marginal pelos autores. Suttle (2010) considerou que os animais com carência marginal de cobre apresentam valores séricos de cobre entre 3 e 9  $\mu\text{mol/L}$ . No presente estudo, não foi constatado nenhum animal com sinais clínicos aparentes de carência de cobre, contrastando com o estudo desenvolvido Santos *et al.* (2006), que encontrou valores médios de 12,9  $\mu\text{mol/L}$  em um surto de ataxia enzoótica no Agreste pernambucano.

A diferença significativa entre os valores médios de ovinos e caprinos, onde estes apresentam maiores valores médios pode ser explicado pelo fato destes serem criados extensivamente e terem habilidade para encontrar seu alimento de forma mais efetiva que os ovinos. Caprinos são capazes de se alimentar de plantas que os ovinos não conseguem alcançar, incluindo em sua dieta grande variedade de plantas (Jansen e Burg, 2004), preferindo dicotiledôneas herbáceas e os brotos e folhas de árvores e de arbustos onde se tem maior qualidade. Diferentemente dos ovinos, que tem um hábito de pastejo mais baixo, mais rente ao solo, tendo acesso a uma seleção menos variada de alimentos (Araújo Filho *et al.*, 1996).

Ortolani (2002) afirma que fêmeas são mais predispostas ao acúmulo de cobre pela ação do estradiol, que pode aumentar a retenção de cobre pelo efeito anabólico que torna organismo mais propenso ao armazenamento de nutrientes. Entretanto, neste estudo as fêmeas apresentaram valor mais elevado que os machos apenas de cobre sérico, sem apresentar diferença nos teores cúpricos hepáticos, contrariando o postulado por Ortolani (2002). O aumento apenas dos teores séricos em fêmeas pode ser explicado pelo fato de que valores mais elevados de estrógeno eleva os teores de ceruloplasmina, proteína responsável por conter 80% do cobre sérico (Fischer, L'Abbé e Giroux,

1990).

Entretanto, ao analisarmos o cobre hepático, principal reservatório deste micromineral no organismo, verificamos que os valores médios para os ovinos e caprinos foram de 238 a 220 ppm em níveis superiores quando comparados aos encontrados por Marques *et al.* (2011) (158 ppm para ovinos e 152 ppm para caprinos), que considerou a existência de deficiência inaparente de cobre nestes animais criados na região do Sertão de Pernambuco. Os valores obtidos por Silva Junior (2013) em estudo realizado na região do São Francisco, em Pernambuco, cujo clima e vegetação são semelhantes aos da região onde este estudo foi realizado, foram próximos aos encontrados a este trabalho, onde ovinos apresentaram valores médios de 248 ppm e caprinos 245 ppm. Animais que desenvolveram quadro clínico de ataxia enzoótica apresentaram valores que variaram de 19 a 140 ppm (Santos *et al.*, 2006).

Na análise do zinco sérico para ovinos e caprinos foi obtido valores médios de 28,7 e 28,3  $\mu\text{mol/L}$ , respectivamente, valores estes sempre superiores aos considerados na literatura como limites deficientes ou deficientes marginais, como o citado por Van Niekerk *et al.* (1990) (12,2  $\mu\text{mol/L}$ ) e Suttle (2010) (10  $\mu\text{mol/L}$ ). Estudo realizado no Sertão de Pernambuco encontrou valores abaixo do considerado marginal (Marques *et al.*, 2011), no entanto Silva Junior (2013), em trabalho realizado em condições semelhantes a este trabalho determinou valores médios dentro da normalidade, mas ainda inferiores aos encontrados no presente trabalho. Os resultados médios obtidos neste trabalho ficaram acima dos intervalos determinados como normais por Suttle (2010), cujo intervalo seria entre 12 a 18  $\mu\text{mol/L}$ . Justifica-se este valor mais elevado de zinco sérico provavelmente pelos altos teores de zinco no solo desta região (Ribeiro *et al.*, 1999).

Foi possível verificar que as concentrações de zinco no fígado foram maiores no período chuvoso e compatíveis com os resultados encontrados por outros autores (Antonelli, 2007; Marques *et al.*, 2011; Silva Junior, 2013). Entretanto, os valores obtidos na época de seca podem ser considerados deficientes tanto para ovinos como para caprinos (Suttle, 2010). Mesmo considerando teores de zinco alto no solo da região, os animais não promoveram um acúmulo muito evidente no fígado no período chuvoso, mostrando até uma ligeira deficiência. Este fato pode ser explicado pela baixa

capacidade de estocar este microelemento em tecidos, em um estudo realizado com suínos (Miller *et al.*, 1968), apesar da alta concentração do elemento no sangue. De acordo com López-Alonso *et al.* (2005), maiores quantidades de zinco hepático estimulam a produção de metalotioneína no fígado, sendo essa proteína responsável pela complexação com o cobre hepático que será excretado pela bile. Minervino (2011) sugeriu que ruminantes com altos teores de cobre hepático passam a acumular zinco no fígado na tentativa de aumentar excreção do cobre. Como neste trabalho os animais não apresentaram teores hepáticos de cobre elevados, provavelmente não houve estímulo para armazenar zinco nos tecidos.

As concentrações séricas de ferro apresentaram diferença significativa apenas entre os períodos seco e chuvoso (50 e 73  $\mu\text{mol/L}$ , respectivamente) provavelmente devido à fonte de água fornecida aos animais serem distintas nos períodos estudados. Enquanto que no período seco os animais recebem água oriunda de poços artesianos, no período chuvoso os animais tem acesso aos barreirais, cuja água é muito mais barrenta e conseqüentemente o animal provavelmente ingere uma quantidade maior de solo, que neste trabalho mostrou-se com uma alta disponibilidade de ferro. Estes resultados foram antagônicos ao verificado por Silva Junior (2013), que encontrou teores de ferro sérico significativamente maiores no período seco para ovinos, justificado por uma maior ingestão de solo ao pastejar de forma mais rasteira quando não há chuvas (Araújo Filho, 1996). Ao comparar com outros autores, os valores encontrados neste trabalho foram muito superiores, onde Suttle (2010) considera que teores acima de 39  $\mu\text{mol/L}$  como excessivo, e Marques *et al.* (2011) determinou valores médios de 35,6  $\mu\text{mol/L}$  para ovinos e 25  $\mu\text{mol/L}$  para caprinos, comprovando a alta ingestão deste elemento.

Os valores de ferro hepático seguiram o mesmo padrão do ferro sérico, mostrando valores mais elevados na época da chuva explicado pela alta disponibilidade de ferro no solo da região estudada, e devido a água ingerida nesta época mais chuvosa conter uma quantidade de solo muito grande. Apesar dos teores elevados de ferro detectados neste experimento, não foi verificado baixos teores de cobre, já que a literatura estabelece o ferro como antagonista do cobre e autores já justificaram a carência de cobre pelo excesso de ferro na dieta (Santos *et al.*, 2006). A inibição do metabolismo do cobre pelo

excesso de ferro pode ser atribuída pela ação do enxofre em se conjugar com o ferro no rúmen, sendo que em seguida, ao atingir o meio ácido do abomaso, ocorre uma dissociação, disponibilizando o enxofre a formar uma ligação mais forte com o cobre, indisponibilizando este último para absorção, conforme a Teoria da Arapuca estabelecida por Suttle (Suttle *et al.*, 1984). Não foram determinadas as concentrações de enxofre neste experimento, mas devido a não diminuição dos teores de cobre frente aos elevados teores de ferro, supõem-se que a quantidade de enxofre presente na dieta fosse relativamente baixa. Características semelhantes quanto ao fator espécie foram encontradas por Marques *et al.* (2011) e superiores a Jones *et al.* (1984) com valores de  $138,8 \pm 17,8$  ppm.

Quando analisado os resultados de molibdênio sérico, foi possível verificar que houve um aumento significativo no período chuvoso, claramente verificado nos caprinos machos, onde houve um incremento significativo na quantidade de amostras com valores acima de  $0,05 \mu\text{mol/L}$  e que consequentemente foram determinados pelo equipamento. Esta variação deve ser explicada pelo aumento da qualidade da forragem com o aumento das chuvas no período. Estes valores foram semelhantes ao encontrado por Silva Junior (2013) em condições edafoclimáticas semelhantes, e por Pott *et al.* (1999), que consideraram valores entre  $0,10$  e  $0,20 \mu\text{mol/L}$ , e próximos ao de Marques *et al.* (2011) com valor médio de  $0,29 \mu\text{mol/L}$ .

Os teores de molibdênio no fígado encontravam-se próximos aos determinados por Silva Junior (2013) e Van Ryssen e Stielau (1980) com  $2,8$  ppm, mas inferiores ao resultado médio de  $3,80$  ppm encontrado por Antonelli (2007), e bem inferiores aos de Marques *et al.* (2011) e Jones *et al.* (1984), com  $7,4$  ppm e  $5,88$  ppm respectivamente. A presença de maior quantidade de enxofre na dieta pode resultar em menor absorção ou aumentar a excreção de molibdênio (Suttle, 2010), o que pode resultar em menores teores deste micromineral em órgãos estoque. A presença de teores de cobre mais elevados em dietas fibrosas com alto teor de enxofre estimula a formação de tiomolibdatos, tornando o molibedênio ingerido indisponível para absorção pelo organismo (Suttle, 2010), sendo verificado uma relação linear do aumento de enxofre na dieta com a diminuição da concentração hepática de molibdênio (Van Ryssen e Stielau, 1980). Conti (2014) verificou um efeito significativo na

interação entre cobre, enxofre e molibdênio. Entretanto, se houvesse excesso de enxofre na dieta, os teores elevados de ferro influenciariam na diminuição da concentração de cobre, fato este que não ocorreu.

### CONCLUSÕES

Apenas a análise de microminerais no solo não é suficiente para prever se ovinos e caprinos apresentam ou não carência de cobre. Os teores médios obtidos para cobre em caprinos e ovinos criados nos municípios de Juazeiro e Casa Nova indicam que não há carência de cobre primária ou secundária. Apesar dos altos teores de ferro, supõe-se que o acúmulo de cobre hepático nesta região não é baixo devido a menores teores de enxofre na dieta.

### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES pela bolsa de Mestrado concedida ao primeiro autor junto ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da UNIVASF.

### REFERÊNCIAS

- ANTONELLI, A.C. *Avaliação do uso de um sal mineral rico em molibdênio na prevenção da intoxicação cúprica acumulativa em ovinos*. 2007. 122f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- ARAÚJO FILHO, J.A.; SOUSA, F.B.; CARVALHO, F.C. Composição botânica e química da dieta de ovinos e caprinos em pastoreio combinado na região dos Inhamuns, Ceará. *R. Soc. Bras. Zootec.*, v.25, p.383- 395, 1996.
- BELCHIOR, E.B.; SOUZA, J.D.F.; ALMEIDA, H.C.G. et al. A importância do perfil socioeconômico de criadores de ovinos de corte na elaboração de políticas públicas. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 52., 2014, Goiânia. *Anais...Goiânia: SOBER*, 2014, p. 1-17.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB. *Caprinocultura na Bahia*. Brasília, 2006. 13p.
- CAMARGO, O.A.; VALADARES, J.M.A.S.; DECHEN, A.R. Efeitos do pH e da

incubação na extração do manganês, zinco, cobre e ferro do solo. *R. Bras. Ci. Solo*, v.6, p.83-88, 1982.

CONTI, R.M.C. *Efeito de fontes orgânicas de cobre e enxofre sobre a interação cobre, molibdênio e enxofre na alimentação de ovinos*. 2014. 84f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, Pirassununga.

FAQUIN, V. *Nutrição Mineral de Plantas*. Lavras: UFLA/FAEPE, 2005. 186p.

FISCHER, P.W.F.; L'ABBÉ, M.R.; GIROUX, A. Effects of age, smoking, drinking, exercise and estrogen use on indices of copper status in healthy adults. *Nutr.Res.*, v.10, p.1081-1090, 1990.

JANSEN, C.; BURG, K.V. *Criação de cabras nas regiões tropicais*, Wageningen: Fundação Agromisa, 2004. 91p.

JONES H.B.; GOONERATNE, S.R.; HOWELL J.M. X-ray microanalysis of liver and kidney in copper loaded sheep with and without thiomolybdate administration. *Res. Vet. Sci.*, v.37, p.273-282, 1984.

LÓPEZ-ALONSO, M; PRIETO, F.; MIRANDA, M. et al. The role of metallothionein and zinc in hepatic copper accumulation in cattle. *Vet. J.*, v.169, p.262-267, 2005.

MARQUES, A.V.S.; SOARES, P.C.; RIET-CORREA, F. et al. Teores séricos e hepáticos de cobre, ferro, molibdênio e zinco em ovinos e caprinos no estado de Pernambuco. *Pesq. Vet. Bras.*, v.31, p.398-406, 2011.

McDOWELL, L.R. *Minerais para ruminantes sob pastejo em regiões tropicais, enfatizando o Brasil*. 3. ed. Gainesville: University Press, 1999. 292p.

MILLER, E.R.; LUECKE, R.W.; ULLREY, D.E. et al. Biochemical, skeletal and allometric changes due to zinc deficiency in the baby pig. *J. Nutr.*, v.95, p.278-286, 1968.

MINERVINO, A.H.H. *Avaliação de crescentes teores de zinco dietético no metabolismo de cobre e na prevenção de intoxicação cúprica em ovinos*. 2011. 69f. Tese (Doutorado em Medicina Veterinária) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo, São Paulo.

ORTOLANI, E. L. Macro e microelementos. In: SPINOSA, H. S.; GÓRNIK, S. L.; BERNARDI, M. M. *Farmacologia aplicada à medicina veterinária*. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002. p.641-651.

- PAGE, A.L.; MILLER, R.H.; KEENEY, D.R. *Methods of soil analysis: part 1: Physical and mineralogical methods*. 2. ed. Madison: ASA, 1986. 1188p.
- POTT, E.B.; HENRY, P.R.; ZANETTI, M.A. et al. Effects of high molybdenum concentration and duration of feeding time on molybdenum and copper metabolism in sheep. *Anim. Feed Sci. Tech.*, v.79, p.93-105, 1999.
- RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ, V.H. *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação*. Viçosa: SBCS, 1999. 359 p.
- SANTOS, N.V.M.; SARKIS, J.E.S.; GUERRA, J.L. et al. Avaliação epidemiológica, clínica, anatomopatológica e etiológica de surtos de ataxia em cabritos e cordeiros. *Ciência Rural*, v.36, p.1207-1213, 2006.
- SILVA, F.C. *Manual de análises químicas de solo, plantas e fertilizantes*. 2. ed. Brasília: Embrapa, 2009. p.23-55.
- SILVA JÚNIOR, S.S. *Determinação dos teores de cobre e seus principais antagonistas em ovinos e caprinos criados na microrregião de Petrolina em Pernambuco*, 2013. 92f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Vale do São Francisco, Petrolina.
- SOUSA, J.C.; CONRAD, J.H.; McDOWELL, L.R. et al. Inter-relações entre minerais no solo, forrageiras e tecido animal. 2. Cobre e molibdênio. *Pesq. Agropec. Bras.*, v.15, p.335-341, 1980.
- SUTTLE, N.F.; ABRAHAMS, P.; THORNTON, I. The role of a soil x dietary sulphur interaction in the impairment of copper absorption by ingested soil in sheep. *J. Agr. Sci.*, v.103, p.81-86, 1984.
- SUTTLE, N.F. *Mineral Nutrition of Livestock*. 4. ed. Oxfordshire: CABI, 2010. 587p.
- TOKARNIA, C.H.; DÖBEREINER, J.; MORAES, S.S.; PEIXOTO, P.V. Deficiências e desequilíbrios minerais em bovinos e ovinos- revisão dos estudos realizados no Brasil de 1987 a 1998. *Pesq. Vet. Bras.*, v.19, p.47-62, 1999.
- TOKARNIA, C.H.; DÖBEREINER, J.; PEIXOTO, P.V. Deficiências minerais em animais de fazenda, principalmente bovinos. *Pesq. Vet. Bras.*, v.20, p.127-138, 2000.

VAN NIEKERK, F.E.; CLOETE, S.W.P.; BARNARD, S.A. et al. Plasma copper, zinc and blood selenium concentrations of sheep, goats and cattle. *S. Afr. J. Anim. Sci.*, v.20, p.144-147, 1990.

VAN RYSSEN, J.B.J.; STIELAU, W.J. The effect of various levels of dietary copper and molybdenum on copper and molybdenum metabolism in sheep. *S. Afr. J. Anim. Sci.*, v.10, p.37-47, 1980.