



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

Salvador Santana Silva Júnior

**DIAGNÓSTICO E DETERMINAÇÃO DE COBRE E SEUS
ANTAGONISTAS EM CAPRINOS E OVINOS CRIADOS
NO TERRITÓRIO DO SERTÃO DO SÃO FRANCISCO EM
PERNAMBUCO**

Petrolina - PE
2013

Salvador Santana Silva Júnior

**DIAGNÓSTICO E DETERMINAÇÃO DE COBRE E SEUS
ANTAGONISTAS EM CAPRINOS E OVINOS CRIADOS
NO TERRITÓRIO DO SERTÃO DO SÃO FRANCISCO EM
PERNAMBUCO**

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

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Coutinho Antonelli

Petrolina - PE
2013

	Silva Júnior, Salvador Santana
S586d	Diagnóstico e Determinação de Cobre e seus antagonistas em Caprinos e Ovinos criados no Território do Sertão do São Francisco em Pernambuco / Salvador Santana Silva Júnior. -- Petrolina, PE, 2013.
	93 f.: il.;29cm.
	Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus de Ciências Agrárias, PE, 2013.
	Orientador: Prof. Dr. Alexandre Coutinho Antonelli.
	1. Caprinos. 2. Cobre. 3. Minerais. 4. Ovinos. 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 Pinheiro

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

FOLHA DE APROVAÇÃO

Salvador Santana Silva Júnior

**DIAGNÓSTICO E DETERMINAÇÃO DE COBRE E SEUS
ANTAGONISTAS EM CAPRINOS E OVINOS CRIADOS NO
TERRITÓRIO DO SERTÃO DO SÃO FRANCISCO EM
PERNAMBUCO**

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

Aprovado em: 06 de Dezembro de 2013

Alexandre Coutinho Antonelli, Prof. Dr., UNIVASF

Daniel Ribeiro Menezes, Prof. Dr., UNIVASF

Fábio Nunes Lista, Prof. Dr., UNIVASF

**À minha família
Dedico**

AGRADECIMENTOS

A Deus... que me proporcionou a vida.

À minha Família... Minha esposa Lorena, Meu Filho Ícaro Salvador que estiveram do meu lado por toda caminhada, Meus pais, Salvador Santana Silva e Maria das Graças Paiva Silva, meus irmãos, Salmária, Silvia e Gedeval, meus sobrinhos Neto, Bruno e Bia e a toda minha família que, com muito carinho e apoio, não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa de minha vida. Sem eles isso não seria possível.

Ao professor Alexandre Coutinho Antonelli pela paciência na orientação e incentivo que tornaram possível a conclusão desta dissertação.

Aos Colegas do mestrado que me transmitiram conhecimentos e conceitos que me levaram a execução e conclusão desta dissertação.

A todos os professores e Funcionários da Univasf e do Colegiado de Pós Graduação em Ciência Animal.

Aos amigos e colegas, da Pós Graduação em Ciência Animal, e da graduação em Medicina Veterinária, e todos os outros que contribuíram direta e indiretamente para confecção e conclusão deste trabalho.

Um forte abraço a todos!

“Não importa se os animais são incapazes ou não de pensar. O que importa é que são capazes de sofrer”.

Jeremy Bentham

RESUMO

A criação de caprinos e ovinos sempre foi considerada uma atividade de subsistência na região Nordeste do Brasil. Mas a produção desses ruminantes tem se expandido e região Nordeste representa mais de 90 % do rebanho caprino e 56% do rebanho ovino do país, no entanto, com taxas zootécnicas muito baixas, influenciadas por deficiências nutricionais e de saúde. Entre as principais causas da baixa produtividade do rebanho, destaca-se a nutrição inadequada em quantidade e qualidade, especialmente durante o período de seca, onde há uma queda na produção de forragem, associada às deficiências minerais existentes nos solos e vegetação. Relatos de deficiência de minerais como cobre, cobalto, zinco, manganês e ferro, foram observados em vários estados do Nordeste, sendo, Maranhão, Piauí, Ceará, Sergipe e Bahia. A falta de cobre pode ocorrer por menor quantidade deste microelemento na dieta ou a ocorrência de elementos antagonizantes que diminuem a sua disponibilidade, como o enxofre, ferro e molibdênio. A suplementação com cobre faz-se necessária em localidades comprovadamente deficientes nesse elemento para evitar a ocorrência de ataxia enzoótica na propriedade. No Sertão do São Francisco em Pernambuco não há relatos de investigações para determinar o perfil de elementos traços essenciais em materiais biológicos de caprinos e ovinos. Desta forma, objetivou-se determinar a ocorrência e distribuição da carência de cobre no território do Sertão do São Francisco em Pernambuco, e estabelecer se a carência é primária ou secundária. Observou-se que não houve ocorrência de cobre no Sertão do São Francisco, em Pernambuco, observando-se os níveis médios de cobre hepático, apenas falhas ocasionais. Os níveis de zinco são dentro de um padrão de normalidade, enquanto que os níveis de ferro são mais elevados em ovinos, e os níveis de molibdênio são reduzidos em caprinos. Verificou-se também que a atividade de ceruloplasmina foi um indicador dos níveis séricos de cobre.

Palavras-chave: Caprinos. Cobre. Minerais. Ovinos.

ABSTRACT

The creation of goats and sheep was always considered an activity of subsistence in the Northeast region of Brazil. But the production of these ruminants has expanded and Northeast region represents over 90% of the goat herd and 56% of the country's sheep flock, however, with zootechnical rates very low, influenced by nutritional deficiencies and health. Among the main causes of low productivity of the flock, stands out the nutrition inadequate in quantity and quality, especially during the drought period, where there is a fall in the production of fodder, associated with the existing mineral deficiencies in soils and vegetation. Reports of deficiency of minerals such as copper, cobalt, zinc, manganese and iron, were observed in several states in the Northeast, being, Maranhao, Piaui, Ceara, Sergipe and Bahia. The lack of copper may occur for smaller quantity of this microelement in diet or occurrence of elements antagonizantes that diminish its availability, such as sulfur, iron and molybdenum. The supplementation with copper is necessary in localities that have proven deficient in this element to prevent the occurrence of enzootic ataxia in the Property. In the Hinterland of the Sao Francisco in Pernambuco there are no reports of investigations to determine the profile of elements essential traits in biological materials of caprine and ovine. Thus, the objective was to determine the occurrence and distribution of copper deficiency in the territory of the hinterland of San Francisco in Pernambuco, and establish whether the deficiency is primary or secondary, it was observed that there was no occurrence of the shortage of copper in the Hinterland of the San Francisco in Pernambuco, by observing the average levels of hepatic copper, only occasional shortcomings. The levels of zinc are within a standard of normality, while the levels of iron are higher in ovine, and the levels of molybdenum are reduced in caprine. It was also found that the activity of ceruloplasmin is an indicator of serum levels of copper.

Key-words: Caprine. Copper. Minerals. Ovine.

LISTA DE QUADROS

- Quadro 1 - Média histórica de índice pluviométrico (mm) para os meses do ano para os municípios da microrregião de Petrolina..... 36
- Quadro 2 - Propriedades por município, sistema de criação utilizado e ocorrência de sintomatologia sugestiva de carência de cobre em pequenos ruminantes..... 45

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Mapa da microrregião de Petrolina em Pernambuco.....	22
Figura 2 -	Tipos de solos do Território do Sertão do São Francisco em Pernambuco.....	24
Figura 3 -	Localização dos municípios integrantes da microrregião de Petrolina referentes à origem dos animais que foram utilizados no presente experimento	35
Figura 4 -	Animais a serem abatidos no matadouro municipal utilizados na amostragem	37
Figura 5 -	Colheita de sangue antes do abate	38
Figura 6 -	Localização das propriedades de origem dos animais que foram amostrados para o estudo	43

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 -	Valores médios da concentração sérica de cobre ($\mu\text{mol/L}$) em pequenos ruminantes da microrregião de Petrolina, separados por sexo e período.	47
Gráfico 2 -	Valores médios da concentração sérica de cobre ($\mu\text{mol/L}$) em pequenos ruminantes da microrregião de Petrolina.....	47
Gráfico 3 -	Valores médios da concentração sérica de zinco ($\mu\text{mol/L}$) em pequenos ruminantes da microrregião de Petrolina, separados por sexo e período	51
Gráfico 4 -	Valores médios da concentração sérica de zinco ($\mu\text{mol/L}$) em pequenos ruminantes da microrregião de Petrolina.....	51
Gráfico 5 -	Valores médios da concentração sérica de ferro ($\mu\text{mol/L}$) em pequenos ruminantes da microrregião de Petrolina, separados por sexo e período	53
Gráfico 6 -	Valores médios da concentração sérica de ferro ($\mu\text{mol/L}$) em pequenos ruminantes da microrregião de Petrolina.....	53
Gráfico 7 -	Valores médios do teor hepático de cobre (ppm) em pequenos ruminantes da microrregião de Petrolina, separados por sexo e período	56
Gráfico 8 -	Valores médios do teor hepático de cobre (ppm) em pequenos ruminantes da microrregião de Petrolina.....	57
Gráfico 9 -	Valores médios do teor hepático de zinco (ppm) em pequenos ruminantes da microrregião de Petrolina, separados por sexo e período	58
Gráfico 10 -	Valores médios do teor hepático de zinco (ppm) em pequenos ruminantes da microrregião de Petrolina.....	59
Gráfico 11 -	Valores médios do teor hepático de ferro (ppm) em pequenos ruminantes da microrregião de Petrolina, separados por sexo e período	61
Gráfico 12 -	Valores médios do teor hepático de ferro (ppm) em pequenos ruminantes da microrregião de Petrolina.....	62
Gráfico 13 -	Valores médios do teor hepático de molibdênio (ppm) em pequenos ruminantes da microrregião de Petrolina, separados por sexo e período	65

Gráfico 14 - Valores médios do teor hepático de molibdênio (ppm) em pequenos ruminantes da microrregião de Petrolina.....	65
Gráfico 15 - Valores médios da atividade sérica de ceruloplasmina (UI/L) em pequenos ruminantes da microrregião de Petrolina, separados por sexo e período	68
Gráfico 16 - Valores médios da atividade sérica de ceruloplasmina (UI/L) em pequenos ruminantes da microrregião de Petrolina.....	68
Gráfico 17 - Valores médios da atividade sérica de GGT (UI/L) em pequenos ruminantes da microrregião de Petrolina, separados por sexo e período	70
Gráfico 18 - Valores médios da atividade sérica de GGT (UI/L) em pequenos ruminantes da microrregião de Petrolina.....	70
Gráfico 19 - Medianas da atividade sérica de AST (UI/L) em pequenos ruminantes da microrregião de Petrolina, separados por sexo e período	72
Gráfico 20 - Valores médios da atividade sérica de AST (UI/L) em pequenos ruminantes da microrregião de Petrolina.....	72
Gráfico 21 - Relação do cobre sérico ($\mu\text{mol/L}$) com o cobre hepático (ppm) em pequenos ruminantes da microrregião de Petrolina.....	73
Gráfico 22 - Relação do cobre hepático (ppm) com o zinco hepático (ppm) em pequenos ruminantes da microrregião de Petrolina.....	74
Gráfico 23 - Relação do cobre hepático (ppm) com o ferro hepático (ppm) em pequenos ruminantes da microrregião de Petrolina.....	74
Gráfico 24 - Relação do cobre hepático (ppm) com o molibdênio hepático (ppm) em pequenos ruminantes da microrregião de Petrolina.....	75
Gráfico 25 - Relação da atividade de ceruloplasmina (UI/L) com o cobre sérico ($\mu\text{mol/L}$) em ovinos no período seco da microrregião de Petrolina.....	75
Gráfico 26 - Relação da atividade de ceruloplasmina (UI/L) com o cobre sérico ($\mu\text{mol/L}$) em caprinos no período seco	76

Gráfico 27 - Relação da atividade de ceruloplasmina (UI/L) com o cobre sérico ($\mu\text{mol/L}$) em ovinos no período chuvoso.....	76
Gráfico 28 - Relação da atividade de ceruloplasmina (UI/L) com o cobre sérico ($\mu\text{mol/L}$) em caprinos no período chuvoso	77
Gráfico 29 - Relação da atividade de GGT (UI/L) com o cobre sérico ($\mu\text{mol/L}$) em pequenos ruminantes da microrregião de Petrolina.....	78
Gráfico 30 - Relação da atividade de AST (UI/L) com o cobre sérico ($\mu\text{mol/L}$) em pequenos ruminantes da microrregião de Petrolina.....	78
Gráfico 31 - Relação da atividade de GGT (UI/L) com o cobre hepático ($\mu\text{mol/L}$) em pequenos ruminantes da microrregião de Petrolina.....	79
Gráfico 32 - Relação da atividade de AST (UI/L) com o cobre hepático ($\mu\text{mol/L}$) em pequenos ruminantes da microrregião de Petrolina.....	79

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Distribuição dos ovinos participantes da amostragem conforme município de origem.....	42
Tabela 2 -	Distribuição dos caprinos participantes da amostragem conforme município de origem.....	43
Tabela 3 -	Valores médios e desvios padrão do teor sérico de cobre ($\mu\text{mol/L}$) em pequenos ruminantes da microrregião de Petrolina.....	46
Tabela 4 -	Valores médios e desvios padrão do teor sérico de zinco ($\mu\text{mol/L}$) em pequenos ruminantes da microrregião de Petrolina.....	50
Tabela 5 -	Valores médios e desvios padrão do teor sérico de ferro ($\mu\text{mol/L}$) em pequenos ruminantes da microrregião de Petrolina.....	52
Tabela 6 -	Frequência dos animais com teores séricos de molibdênio acima e abaixo de $0,05 \mu\text{mol/L}$ em pequenos ruminantes da microrregião de Petrolina.....	54
Tabela 7 -	Valores médios e desvio padrão ($\mu\text{mol/L}$) de molibdênio sérico dos animais que apresentaram teor acima de $0,05 \mu\text{mol/L}$ em pequenos ruminantes da microrregião de Petrolina.....	55
Tabela 8 -	Valores médios e desvios padrão do teor hepático de cobre (ppm) em pequenos ruminantes da microrregião de Petrolina.....	56
Tabela 9 -	Valores médios e desvios padrão do teor hepático de zinco (ppm) em pequenos ruminantes da microrregião de Petrolina.....	58
Tabela 10 -	Valores médios e desvios padrão do teor hepático de ferro (ppm) em pequenos ruminantes da microrregião de Petrolina.....	61
Tabela 11 -	Valores médios e desvios padrão do teor hepático de molibdênio (ppm) em pequenos ruminantes da microrregião de Petrolina.....	64
Tabela 12 -	Valores médios e desvios padrão da atividade sérica da ceruloplasmina (UI/L) em pequenos ruminantes da microrregião de Petrolina.....	67

Tabela 13 - Valores médios e desvios padrão da atividade sérica de GGT (UI/L) em pequenos ruminantes da microrregião de Petrolina.....	69
Tabela 14 - Medianas, P ₂₅ e P ₇₅ da atividade sérica de AST (UI/L) em pequenos ruminantes da microrregião de Petrolina.....	71

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AST	Aspartato aminotransferase
BR	Batalhão Rodoviário
CEEHA	Comitê de Ética em Estudos Humanos e Animais
Co	Cobalto
Cu	Cobre
F	Coeficiente da Análise de Variância
Fe	Ferro
GGT	Gama glutamiltransferase
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
kg	Quilograma
L	Litro
MDA	Ministério de Desenvolvimento Agrário
mg	Miligrama
ml	Mililitro
mm	Milímetro
mmol	Milimol
Mn	Manganês
Mo	Molibdênio
MS	Matéria seca
N	Normalidade
nm	Nanômetro
p	Probabilidade

P.A.	Pureza analítica
P.C.	Período chuvoso
pH	Potencial hidrogeniônico
PNSCO	Programa Nacional de Sanidade de Caprinos e Ovinos
ppm	Parte por milhão
P.S.	Período seco
r	Coefficiente de correlação
S	Enxofre
SDT	Secretaria de Desenvolvimento Territorial
UI	Unidade internacional
UNIVASF	Universidade Federal do Vale de São Francisco
Zn	Zinco
μmol	Micromol

LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentagem
<	Menor
≤	Menor ou igual
>	Maior
≥	Maior ou igual
±	Mais ou menos
-	Menos
+	Mais
° C	Graus celcius
®	Marca registrada

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	20
2	CARACTERIZAÇÃO TERRITORIAL	22
3	REVISÃO DE LITERATURA	24
3.1	FONTES DE MINERAIS PARA RUMINANTES	24
3.1.1	FORRAGENS	24
3.1.2	SOLO	25
3.1.3	FONTES SUPLEMENTARES	25
3.1.3	ÁGUA	25
3.2	IMPORTÂNCIA DO COBRE NO ORGANISMO.....	26
3.3	SITUAÇÃO DA DEFICIÊNCIA DE COBRE NO BRASIL E NORDESTE	27
3.4	STATUS DO COBRE EM RUMINATES.....	29
3.5	PERFIL BIOQUÍMICO.....	32
4	OBJETIVOS	33
4.1	OBJETIVO GERAL	33
4.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	33
5	MATERIAIS E MÉTODOS	34
5.1	PLANO AMOSTRAL E CARACTERÍSTICA DAS AMOSTRAS.....	34
5.2	PERÍODO DE COLETA DAS AMOSTRAS	35
5.3	COLETA DE MATERIAIS BIOLÓGICOS	37
5.4	ANÁLISES LABORATORIAIS.....	38
5.5	ANÁLISE ESTATÍSTICA	40
5.6	ASPECTOS ÉTICOS	41
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
7	CONCLUSÕES	81
	REFERÊNCIAS	82

1 INTRODUÇÃO

O Brasil tem sofrido transformações no cenário da caprinovinocultura, e a expansão do agronegócio deste setor produtivo que evoluiu de criações voltadas para a subsistência vem se mostrando como fonte de renda sustentável em varias propriedades rurais. O mercado vem crescendo rapidamente, exigindo uma maior preocupação com aspectos sanitários e produtivos. A criação de caprinos e ovinos precisa ser pautada em sistemas de exploração sustentáveis e que possam garantir melhores condições sanitárias, reprodutivas e nutricionais para estes animais, através do fornecimento de alimento de qualidade, utilização de medidas de biossegurança e de exames diagnósticos confiáveis e acessíveis a todos os produtores, que na sua maioria são agricultores familiares.

O censo realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) no ano de 2010 apresenta um rebanho ovino com 17.380.581 cabeças e caprino com 9.312.784 cabeças. A região Nordeste detém um rebanho total de 9.857.754 cabeças de ovinos e 8.418.898 cabeças de caprinos representando 56,7% e 90% do rebanho ovino e caprino nacional respectivamente, seguido pela região Sul (4.886.541 ovinos e 343.325 caprinos) e Centro-Oeste (1.268.175 ovinos e 113.427 caprinos), sendo o maior produtor nacional das duas espécies.

O Estado de Pernambuco detém um rebanho de 1.622.511 cabeças de ovinos e 1.735.051 cabeças de caprinos. Sendo esta uma das atividades mais representativas para o produtor rural, sobretudo nas regiões do agreste e do sertão do estado, onde está situado microrregião de Petrolina. O principal rebanho nessa microrregião é o de ovinos com 329.200 cabeças, representando 22% do total do Estado, seguido do rebanho de caprinos com 292.800 cabeças, representando 17,9% do rebanho caprino do Estado (BRASIL, 2010). Apesar do grande número de animais existente nessa região, pouco se sabe sobre as principais doenças que acometem caprinos e ovinos, sobretudo aquelas relacionadas a distúrbios metabólicos e nutricionais. Segundo Tokarnia (2000), em ruminantes, a maioria das deficiências minerais está associada a regiões específicas, relacionadas às características do solo local. Animais alimentados com pastagens produzidas em solos deficientes em

mineral e que não recebam nenhum tipo de suplementação mineral, provavelmente desenvolverão sintomas de carência de um ou mais minerais essenciais.

O conhecimento das doenças dos animais domésticos, nas diferentes regiões do Brasil, é importante para determinar formas eficientes de profilaxia e controle. Guedes et al (2007) diagnosticaram dois surtos de ataxia enzoótica em Patos e São Sebastião do Umbuzeiro na Paraíba, enfermidade relacionada com a carência de cobre. Outro surto foi diagnosticado em 1998 no mesmo estado, no município de Campina Grande. A ocorrência da enfermidade em três diferentes municípios do semiárido paraibano sugere que a hipocuprose pode ser uma carência frequente na região nordeste. Esta enfermidade também foi diagnosticada na década de 60 em ovinos no Estado do Piauí (TOKARNIA et al. 1966). Santos et al. (2006) diagnosticaram casos da mesma enfermidade em ovinos e caprinos no estado de Pernambuco, nos anos de 2001 e 2002, sugerindo maiores investigações sobre o assunto em outras áreas do estado.

2 CARACTERIZAÇÃO TERRITORIAL

O Território do Sertão do São Francisco localiza-se geograficamente na região Nordeste do Brasil, situado no Semiárido Pernambucano. A Região tem como vias de acesso principais as BR 407, BR 428 e BR 122, e é constituída por sete municípios: Afrânio, Cabrobó, Dormentes, Lagoa Grande, Orocó, Petrolina e Santa Maria da Boa Vista, conforme mapa abaixo, (Figura 1):

Figura 1 - Mapa do território do Sertão do São Francisco em Pernambuco



Fonte: Secretaria de Desenvolvimento Territorial/MDA – 2011

O Território do Sertão do São Francisco abrange uma área de 14.682,2 km², representando 14,89% da área total do Estado de Pernambuco que é de 98.588,3 km², sendo Petrolina o município de maior extensão, com 4.756,8 km², abrangendo aproximadamente 32,4% da área total deste território. Todos os municípios estão situados na Mesorregião do São Francisco e localizados na microrregião de Petrolina. A principal potencialidade do território e a sua marca principal é o Rio São Francisco. O manejo adequado e eficiente da água é a principal alavanca de desenvolvimento desse território, na maior parte dos municípios, é alvo da atuação de um conjunto de políticas públicas voltadas para o desenvolvimento rural (BRASIL, 2011).

Segundo o MAPA, (2000), a complexidade da distribuição dos solos nas paisagens da Região Nordeste, em especial na área do semiárido, exige, cada

vez mais, estudos de solos em escalas mais detalhadas. O Levantamento de Reconhecimento de Baixa e Média Intensidade dos Solos do Estado de Pernambuco vem, em parte, atender essa necessidade.

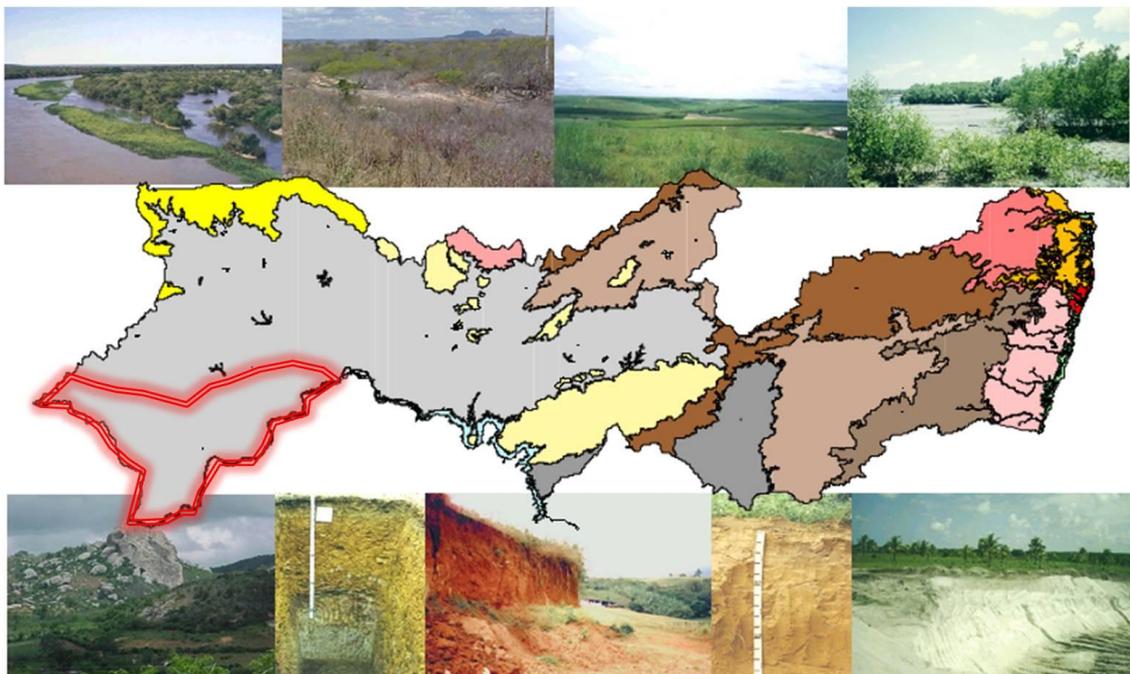
Nessa região, os solos são como em todo semiárido predominantemente do tipo bruno não cálcico, fase pedregosa, de pouca profundidade e baixa fertilidade, com altos teores de potássio, cálcio e magnésio e baixos teores de fósforo e nitrogênio, típico das áreas de sequeiro. As áreas de baixada e as margens de rios e riachos são exceções, pois aí ocorrem manchas de latossolo vermelho-amarelo e aluviais, vertissolos e cambissolos distróficos (SDT/Brasil 2011).

Os Latossolos Amarelos destas áreas estão localizados no extremo oeste do Estado, nos Tabuleiros Interioranos (conhecidos localmente como chapadas baixas), onde predomina uma superfície aplanada com relevo variando de plano a suave ondulado. São desenvolvidos de coberturas e/ou recobrimentos sobre rochas do Pré-Cambriano (MAPA, 2000).

Esses solos são tipicamente perdedores do material de superfície por erosão laminar severa, bastante aumentada quando são exploradas as áreas inclinadas ou declivosas. Apesar disso, esses solos apresentam uma condição de riqueza em matéria orgânica que lhes permite suportar uma grande carga de produção vegetal e de atividades pastoris em todo o semiárido (SDT/Brasil 2011).

A cobertura vegetal predominante é formada por caatingas hipoxerófila e hiperxerófila. Apresentam-se moderado a fortemente ácidos com variação de pH entre 4,0 e 5,8. Os valores de fósforo assimilável são baixos, sendo inferiores a 5 mg/kg⁻¹. Grande parte da área ocupada com estes solos já sofreu desmatamento para dar lugar às culturas de subsistência (milho, feijão e mandioca), além de algumas áreas no polo de irrigação da região de Petrolina e Santa Maria da Boa Vista, onde atualmente já se desenvolve uma fruticultura irrigada, que constitui o maior polo frutífero do Estado e da região semiárida. Para uso racional e adequado destes solos há necessidade de adubação e correção da acidez por se tratarem de solos relativamente fracos (MAPA, 2000).

Figura 2 - Tipos de solos do Território do Sertão do São Francisco em Pernambuco



Fonte: Adaptado de Embrapa Solos

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 FONTES DE MINERAIS PARA RUMINANTES

3.1.1 FORRAGEM

A quantidade de minerais nas forragens é bastante variável, pois dependem do gênero, espécie e variedade da planta, outros fatores como a época do ano, condições climáticas do local, quantidade do mineral no solo e tipo de solo e suas condições afetam a absorção dos minerais pela planta. A disponibilidade dos elementos nas plantas forrageiras é largamente afetada pela presença de ácido fítico e oxálico normalmente encontrado nas paredes celulares formadas por celulose (HERRICK, 1993). Todos os minerais adquiridos pelos ruminantes vem totalmente oriundos do alimento ingerido, uma vez que, os animais não sintetizam minerais (MENDONÇA JÚNIOR, 2011).

3.1.2 SOLO

Seja acidentalmente, ou por uma deficiência mineral, os ruminantes podem ingerir minerais também através do solo, apetite depravado que caracteriza alotrofia e osteofagia, induz a ingestão de materiais estranhos à sua dieta normal. A ingestão acidental de solo pode chegar a 20% da matéria seca, sendo favorecida pela drenagem pobre e estrutura fraca do solo, alta lotação da área ou durante período de seca, quando o crescimento das pastagens é excessivamente baixo. A ingestão de solo pode também levar a um quadro de deficiência de cobre decorrente do consumo elevado de Mo, Zn e outros antagonistas desse elemento presentes no solo (McDOWELL, 1999).

3.1.3 FONTES SUPLEMENTARES

A resposta da suplementação também depende das fontes dos minerais utilizadas no processo (CHAGAS et al., 2007). Estratégias devem ser adotadas para melhor atender os requerimentos de minerais dos animais que, quando não supridos, poderão causar diversas alterações metabólicas, diretamente relacionadas ao desempenho produtivo desses animais (PEDREIRA & BERCHIELLI, 2006). No âmbito das espécies, estudos relacionados a requerimentos minerais de caprinos têm sido considerado secundário quando comparados com ovinos e bovinos, não acompanhando assim, o avanço das pesquisas em nutrição mineral (MESCHY, 2000).

3.1.4 ÁGUA

A água não é considerada uma fonte de minerais, porem, nela são encontrados todos os elementos essenciais. Águas salobras diminuem consideravelmente o consumo dos suplementos minerais, devido as suas elevadas concentrações de sódio, predispondo conseqüente deficiência mineral em animais suplementados. Altas concentrações de enxofre observadas na água de aquíferos profundos promovem evidentemente deficiência de cobre (MENDONÇA JÚNIOR, 2011).

3.2 A IMPORTÂNCIA DO COBRE NO ORGANISMO

O estudo da substância cobre teve início nos anos 1925, com Hart e colaboradores, que descobriram a importância da união do cobre com o ferro na formação da hemoglobina (MAYNARD, 1984). Segundo Davis e Mertz (1987), o cobre é um elemento essencial para todos os animais realizarem um grande número de funções bioquímicas.

A atuação e a importância do cobre em sistemas enzimáticos no metabolismo dos ruminantes são bem conhecidas. O cobre possui a peculiaridade de se oxidar ou reduzir facilmente, característica fundamental para as 26 metaloenzimas cúpricas que catalisam reações de óxido-redução. Entre as enzimas que dependem diretamente do cobre temos: citocromo-oxidase, lisil-oxidase, tirosinase, dopamina-oxidase, urato-oxidase, superóxido-dismutase e butiril-CoA-desidrogenase, entre outras (RIET-CORREA et al., 2006). Também está presente em algumas metaloproteínas como a ceruloplasmina, que regula a atividade da transferrina, e a metalotioneína, que entre outras funções regula a absorção do próprio cobre pelo organismo (ORTOLANI, 2002). Nos animais, ele participa da formação da mielina e dos ossos, hematopoiese, metabolismo da ligação dos tecidos, pigmentação e formação de lã e pelos. (CAVALHEIRO; TRINDADE, 1992; RADOSTITS et al. 2007).

O excesso ou a falta de cobre, semelhante a outros macro e microelementos, pode provocar tanto a intoxicação como a carência em animais, respectivamente (SUTTLE, 2010). A hipocuprose é uma das deficiências de maior interesse em ruminantes, apresentando diversos sintomas e distribuição cosmopolita, sendo, talvez, a mais importante carência de origem mineral em ruminantes depois do fósforo (MORAES et al. 1999; VASQUEZ et al., 2001; RADOSTITS et al., 2007).

Dentre as espécies domésticas, sem dúvida a ovina é a mais predisposta a desenvolver tanto o quadro carêncial como a intoxicação. Estes quadros estão ligados a diferenças marcantes no metabolismo do cobre em determinadas raças de ovinos, pois enquanto algumas têm menores capacidades de retenção do cobre em seus estoques orgânicos, outras o acumulam em quantidade demasiadamente grande (SUTTLE, 2010;

FERREIRA, ANTONELLI e ORTOLANI, 2008). Também é reconhecido que ovinos jovens em crescimento são muito mais susceptíveis a desenvolverem quadros de intoxicação por cobre, pois podem absorver o cobre dietético com eficiência duas a três vezes maior que os adultos (SUTTLE, 2010).

3.3 SITUAÇÃO DA DEFICIÊNCIA DE COBRE NO BRASIL E NORDESTE

No Brasil estudos sobre as deficiências minerais em bovinos, assim como suas formas mais eficientes e econômicas de suplementação (MCDOWELL, 1999; TOKARNIA et al., 2000). Porém, em ovinos e caprinos, o conhecimento sobre carências minerais é limitado, sobretudo na região semiárida. Nesta região constata-se a recomendação de misturas minerais denominadas “completas” durante todo o ano, indiscriminadamente, tanto em animais a pasto quanto em animais confinados ou semiconfinados (AMORIM, 2005).

Freqüentemente se suplementam com minerais que não são necessários e, inclusive, atuam como antagonistas para outros elementos, por exemplo: molibdênio que antagoniza o cobre; ferro que antagoniza fósforo e cobre; e enxofre que antagoniza o cobre e selênio. Quando se agrega ferro, molibdênio ou enxofre nas misturas aumenta-se as necessidades de cobre (SOUSA, 1981; MCDOWELL, 1999; TOKARNIA et al., 1999).

Vários estudos já foram realizados no Brasil em relação aos teores de cobre em pastagens e depleção deste elemento no fígado e/ou no soro de ruminantes. Existem estudos no 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 (SANTOS et al., 2006; MARQUES, 2010), Piauí (TOKARNIA et al., 1960, 1966, 1968, 1971), Rio de Janeiro (TOKARNIA et al., 1971; MORAES et al., 1999), Rio Grande do Sul (TRINDADE et al., 1990; BONDAN et al., 1991; RIET-CORREA et al., 1993;

MORAES et al., 1999) Roraima (TOKARNIA et al., 1968; SOUSA et al., 1989), Santa Catarina (TOKARNIA et al., 1971), e São Paulo (LISBÔA et al., 1996).

Poucos são os trabalhos desenvolvidos no Estado de Pernambuco relacionado à carência de cobre, sendo que as únicas deficiências diagnosticadas em caprinos e ovinos no semiárido foram em animais em pastejo (RIET-CORREA, 2004; SANTOS et al., 2006). Verificaram em ovinos abatidos em matadouro no Estado de Pernambuco que os teores sérico e hepático 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, 2010).

Riet-Correa (2004) considerou 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 em diferentes sistemas de criação, particularmente no estado de Pernambuco.

As análises de solo e de plantas forrageiras são de extrema relevância no mapeamento regional das deficiências minerais, contudo são de difícil interpretação, devido à grande interação existente entre os elementos envolvidos, além de serem de difícil execução (McDOWELL, 1992).

As determinações de minerais em material biológico animal, na maioria das vezes, são suficientes para o diagnóstico das carências, com a interpretação dos resultados com maior rapidez e menor risco de erro (SUTTLE, 2010). Cerca de 40% a 70% do cobre absorvido é estocado no fígado (CORAH e IVES, 1991), sendo assim, a análise de amostras de fígado é altamente confiável no diagnóstico da carência deste elemento (TOKARNIA et al., 1999).

Ao Diagnosticar em quais minerais essenciais existem deficiências, é possível estabelecer medidas de controle como a suplementação seletiva, a qual é frequentemente requerida para os diferentes sistemas de criação de ovinos e caprinos. Como o agronegócio da caprinoovinocultura na região Nordeste é de extrema importância para a economia regional, torna-se relevante estudar um indicador tão importante desse setor como a suplementação mineral, em especial o cobre e seus principais antagonistas.

3.4 STATUS DO COBRE EM RUMINANTES

O cobre disponível nos alimentos é absorvido principalmente no intestino delgado, sendo que para tal o cobre solúvel liga-se a determinados aminoácidos que funcionam como carreadores desse elemento para o interior do organismo. Após absorvido pelo organismo esse mineral se liga a albumina, sendo levado ao fígado, principal local de estoque. A partir do fígado, o cobre pode ter três destinos: integrar o estoque hepático no interior dos hepatócitos; manter-se no estoque temporário ligado a ceruloplasmina; ou ser excretado principalmente pela secreção biliar (HOWELL e GOONERATNE, 1987).

De acordo com Mills (1987), quando o consumo de cobre pelo animal for aquém da sua necessidade fisiológica, a sua concentração e a atividade de ceruloplasmina no plasma não são reduzidas, até que o fígado tenha uma reserva de 40 mg/kg.

Estudos demonstraram que a disponibilidade do cobre dietético diminui em rações com altos teores de molibdênio, enxofre, assim como o ferro (VASQUEZ et al., 2001). Quadros de carência de cobre tem sido descritos em ruminantes que recebem esses elementos em altas concentrações na dieta (MARQUES et al., 2003). Por outro lado, um composto químico conhecido como tetratiomolibdato, que possui elevado poder quelante sobre o cobre, tem sido empregado no tratamento da intoxicação cúprica em ovinos (MACHADO, 1998; ORTOLANI, 2003; FERREIRA, ANTONELLI e ORTOLANI, 2008; SUTTLE, 2010).

A disponibilidade do cobre dietético também está intimamente ligada à forma química com que o cobre se encontra presente no alimento. O elemento que se apresenta na forma metálica tem sua disponibilidade reduzida, embora quando se associa com proteínas ou aminoácidos a absorção pode estar algumas vezes aumentada, e sendo muito alta na forma de sal (sulfato, carbonato, edetato). As forragens in natura apresentam o cobre na forma metálica, entretanto, quando fenados ou ensilados parte deste elemento se combina com proteínas o que facilita a absorção (ORTOLANI, 2003; SUTTLE, 2010).

As necessidades diárias de cobre na dieta para ovinos variam de 3 a 14 ppm, dependendo da raça, podendo triplicar durante a gestação e duplicar no

período de amamentação (NRC, 2007). Na maioria dos casos a deficiência de cobre pode ser primária, quando a ingestão deste micromineral na dieta for diminuta diante da necessidade deste elemento para os processos metabólicos das várias classes de ovinos. Pode, também, ser secundária quando, apesar da ingestão em teores adequados, sua assimilação pelos tecidos for reduzida pela presença de elementos antagonistas na dieta, como o enxofre, ferro e molibdênio. Caprinos também podem apresentar carência de cobre em regiões com determinada deficiência desse mineral ou demasiada presença de seus antagonistas no solo e plantas (SUTTLE 1986; GENGELBACH et al., 1994; RADOSTITS et al., 2007).

A carência de cobre em ovinos e caprinos pode causar: debilidade e perda da ondulação ou despigmentação da lã ou pelo preto; alterações congênicas ou contraídas da mielina (ataxia enzoótica) em que os cordeiros e cabritos nas primeiras semanas de vida apresentam incoordenação dos membros posteriores, podendo resultar em paraplegia e morte; osteoporose; anemia; baixa imunidade a doenças infecciosas e redução do crescimento (TOKARNIA et al., 1966; MAXIE, 2007; SUTTLE, 2010).

No Brasil, a ataxia enzoótica em ovinos foi descrita pela primeira vez no Estado do Piauí, e mais recentemente em Pernambuco, foi descrito um surto em ovinos e caprinos. Na maioria destes animais, surgia o quadro sintomatológico de incoordenação dos membros pélvicos, quedas frequentes e dificuldade para se manter em estação, diminuição da resposta sensitiva e motora na determinação do reflexo sensitivo na região interdigital dos membros posteriores. Em alguns casos, ocorria paralisia dos anteriores, a qual antecedia o surgimento de espasticidade permanente de todos os membros (TOKARNIA et al. 1966; SANTOS et al., 2006).

Exames histológicos revelaram em todos os animais necrópsiados um tênue edema e congestão cerebral. Na medula espinhal, detectou-se, pela coloração de Hematoxilina/Eosina (HE), degeneração axonal, gliose, esferóides, leve infiltrado mononuclear e manguitos perivasculares. Enquanto que pela coloração de Azul Rápido de Luxol, verificou-se áreas de dismielinização nas regiões dos cornos ventrais da medula espinhal, na região cervical e lombar. Lesões no cerebelo foram detectadas em cabritos mais jovens (degeneração axonal e vacuolização da substância branca) (SANTOS et

al., 2006). Embora a causa nutricional mais conhecida de efeitos adversos na reprodução seja o suplemento energético, a deficiência ou excesso de outros nutrientes específicos, particularmente as vitaminas (Vitamina A e Vitamina E) e minerais (selênio, fósforo, manganês, cobalto, ferro, cobre, flúor e iodo), têm sido mostrados por afetar a fertilidade (DAYRELL, 1991).

Estudos sobre enfermidades do sistema nervoso central em caprinos e ovinos no semiárido foi encontrada a frequência de 3,17% para ataxia enzoótica, na análise histológica foi observada degeneração Walleriana da substância branca da medula, particularmente nos funículos ventrais, assim como perda de mielina na substância branca nos cortes de medula. Os quantitativos séricos de cobre (1,61 – 1,29 $\mu\text{mol/L}$) apresentavam-se bem abaixo do normal para a espécie caprina (GUEDES et al., 2007).

Kegley e Spears (1994) Relataram que o cobre é um elemento indispensável para o crescimento e desenvolvimento animal e para evitar uma grande quantidade de distúrbios clínico patológicos, que acometem várias espécies como: a infertilidade, anemia, alterações, ataxia enzoótica ou neonatal, falência cardíaca, despigmentação e queratinização defeituosa dos pelos e da lã, e diarreia.

Ashmead (1993) relata que as vacas que se alimentavam em pastagens com deficiência de cobre apresentavam baixa fertilidade. As referidas fêmeas apresentavam estros deprimidos ou retardados. Em alguns casos em que ocorreram apenas uma prenhes, a fêmea teve a gestação interrompida, expelindo um pequeno feto morto.

Segundo Riet-Correa et al. (2006), a hipocuprose ocorre principalmente em animais de pastoreio, pela baixa disponibilidade deste elemento nas pastagens, reduzindo a quantidade que pode ser absorvida pelo organismo mesmo com uma concentração de cobre adequada na forragem. Solos arenosos, pobres em matéria orgânica e muito desgastados, como as áreas de costas marítimas ou fluviais resultam provavelmente em pastagens deficientes em cobre.

Para que haja um controle ou profilaxia da carência de cobre em ovinos e caprinos, faz-se necessário suplementar o rebanho com este elemento via oral ou parenteral em regiões onde há evidências de hipocuprose, ou há clara perda de produtividade ocasionada pela deficiência de cobre (RIET-CORREA

et al., 2006). Esta suplementação pode ser realizada através da inclusão de 0,25 a 0,5% de sulfato de cobre no sal mineral, ou diretamente com sal mineral apropriado para ovinos. Fornecer sal mineral específico para bovinos a ovinos pode causar intoxicação cúprica (RIET-CORREA et al., 2006).

3.5 PERFIL BIOQUÍMICO

Embora o requerimento nutricional de caprinos e ovinos esteja relativamente bem estabelecido ainda há pouca informação acerca das necessidades nutricionais de pequenos ruminantes criados no sertão. A maior parte da informação disponível consta de extrapolações calculadas a partir de dados de bovinos. Não obstante, devido a características fisiológicas específicas dos caprinos fazem-se necessários mais estudos (AGUILERA et al., 1990) e o estabelecimento de valores de referência é fundamental (SKINNER, 2001). Ainda, a dosagem de determinados elementos bioquímicos, assim como a atividade de diversas enzimas no sangue pode auxiliar no diagnóstico, no prognóstico e no acompanhamento do tratamento dos animais (MORAIS et al., 2000). No entanto, para a correta interpretação de resultados laboratoriais, é necessário se estabelecer os valores de referência de normalidade para as diferentes espécies, raças, sexos e idades de animais criados em diferentes regiões do Brasil (BARONI et al., 2001).

Em animais de produção, valores elevados de ureia sanguínea podem indicar dietas com baixos teores de energia, assim como baixos teores de ureia no sangue podem indicar dietas com baixos valores de proteína bruta (GONZALEZ et al., 2000).

O fígado tem importância fundamental para os ruminantes, pois mais de 90% da glicose utilizado pelos mesmos é obtida via gliconeogênese hepática, já que a quase toda fonte de glicose ingerida na dieta é fermentada e utilizada pelas bactérias ruminais. O fígado também é órgão estoque de diversos microminerais, e em caso de dano hepático, estes estoques ficam comprometidos, podendo levar o animal a quadros de carência. Casos de insuficiência hepática também podem levar a uma menor depuração de amônia advinda do metabolismo proteico, e com isso aumenta o risco de desenvolver um quadro de intoxicação por ureia/amônia. Desta forma, determinar a

atividade de enzimas hepáticas, como forma de monitorar a atividade do fígado é fundamental para a clínica de ruminantes. No entanto, faz-se necessário estabelecer os valores de referência de normalidade.

4 OBJETIVOS

4.1 GERAL

O objetivo do presente trabalho foi avaliar os níveis sérico e hepático de microminerais essenciais (cobre, ferro, molibdênio e zinco) em caprinos e ovinos criados no Território do Sertão do São Francisco no estado de Pernambuco.

4.2 ESPECÍFICOS

Conhecer os teores de cobre e seus principais antagonistas (ferro, molibdênio e zinco) em sangue e fígado de ovinos e caprinos, criados no Território do Sertão do São Francisco no estado de Pernambuco, considerando os fatores: sazonalidade, localidade, espécie e sexo;

Verificar se ocorre deficiência de cobre nesta microrregião do estado de Pernambuco e se seu status está diretamente relacionado com a ação de elementos considerados antagonistas.

5 MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 PLANO AMOSTRAL E CARACTERÍSTICA DAS AMOSTRAS

As amostras de sangue e fígado foram obtidas de animais encaminhados ao Abatedouro Municipal de Petrolina, localizado na microrregião de Petrolina situado no Território do Sertão do São Francisco no estado de Pernambuco. Para estabelecer a relação da procedência dos animais com os dados obtidos, foi utilizada a divisão do estado em regiões, conforme estabelecido pela Agência de Defesa e Fiscalização Agropecuária do Estado de Pernambuco.

Antes do abate, os animais foram classificados em relação à espécie, ao sexo e ao município de procedência. Estas informações foram utilizadas como critério de inclusão dos animais a serem abatidos como amostra neste experimento, pois seriam considerados apenas animais adultos, sadios, oriundos dos municípios do Território do Sertão do São Francisco em Pernambuco (Afrânio, Cabrobó, Dormentes, Lagoa Grande, Orocó, Petrolina, Santa Maria da Boa Vista).

Durante o período de amostragem, apenas animais oriundos de propriedades localizadas nos municípios de Petrolina, Dormentes e Santa Maria da Boa Vista foram enviados para o abate no Abatedouro Municipal de Petrolina, local determinado para obtenção de amostras. Desta forma, apenas estes três municípios fizeram parte de nossa amostragem, conforme destaque na Figura 2.

Figura 3 – Localização dos municípios integrantes do Território do Sertão do São Francisco referentes à origem dos animais a serem utilizados no presente experimento.



Fonte: Secretaria de Desenvolvimento Territorial/MDA, 2011.

Foram selecionados de forma aleatória 80 animais de cada espécie, sendo 20 machos e 20 fêmeas durante o período chuvoso e 20 machos e 20 fêmeas durante o período seco, totalizando ao final do experimento 160 animais.

As propriedades de origem dos animais que foram selecionados para compor a amostragem do experimento foram visitadas para determinação de suas coordenadas (latitude/longitude) e consequente localização em mapa da região. Nas visitas foram aplicados questionários sobre o manejo nutricional utilizado em cada propriedade para que fosse possível avaliar a influência das áreas e/ou sistemas de criação no perfil mineral dos animais.

5.2 PERÍODO DE COLETA DAS AMOSTRAS

As amostras foram coletadas em dois períodos, seco e chuvoso do ano de 2011 e 2012 respectivamente, considerando o terço final de cada um destes períodos. A finalidade deste delineamento foi caracterizar amostras obtidas no período onde a disponibilidade de nutrientes aos animais é alta (chuvoso) e no período onde o animal necessita da mobilização das reservas, pela escassez de alimentos (seco).

Para definir os períodos de seco e chuvoso no Território do Sertão do São Francisco, foram utilizados os registros de dados de temperaturas máximas e mínimas e precipitação pluviométrica junto ao Laboratório de Meteorologia de Pernambuco (LAMEPE-ITEP), definidos pela média histórica para a região. Desta forma, foi possível caracterizar que os meses mais chuvosos estão compreendidos entre os meses de novembro de um ano e abril do ano subsequente, e o período mais seco ocorre entre os meses de maio e outubro de um mesmo ano.

De acordo com estes dados e considerando apenas o terço final dos referidos períodos, foram definidos os meses de coleta para o período chuvoso (PC) em março e abril, e para o período seco (PS) em setembro e outubro, conforme o Quadro 1 a seguir.

Quadro 1 – Média histórica de índice pluviométrico (mm) para os meses do ano para os municípios do território do Sertão do São Francisco.

Localidades	PC								PS				ANUAL
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	
Afrânio	72	87	143	80	13	7	2	2	7	23	52	85	573
Afrânio (Arizona)	62	77	103	67	12	5	1	1	3	14	50	58	453
Cabrobó	63	85	112	66	22	14	9	3	4	11	38	59	486
Dormentes	109	86	123	97	33	7	3	2	8	15	59	68	610
Orocó	91	68	122	87	24	7	6	3	0	9	21	40	478
Petrolina	63	80	102	50	8	4	3	2	3	11	46	64	436
Petrolina (Rajada)	62	79	115	101	14	4	7	1	2	16	51	67	519
Santa Maria da Boa Vista	70	86	108	60	19	9	3	2	2	15	34	53	461

Fonte: LAMEPE-ITEP (2011)

No abatedouro, os animais foram indicados de forma aleatória pelo responsável pelo abate, respeitando os critérios de inclusão (espécie, sexo e município de procedência do animal) (Figura 3).

Figura 4 – Animais a serem abatidos no Abatedouro municipal utilizados na amostragem



Fonte: Arquivo pessoal

5.3 COLHEITA DE MATERIAIS BIOLÓGICOS

Amostras de sangue foram colhidas por venopunção jugular, em tubos siliconizados de coleta a vácuo (Vacutainer[®]) sem anticoagulantes para obtenção de soro (Figura 4). Após centrifugação por 15 minutos a 500 G, alíquotas de soro foram acondicionadas em quaduplicata em tubos tipos “ependorf” (2 ml) e armazenadas à temperatura de -20° C, para análise mineral e atividades enzimáticas.

As amostras de fígado foram obtidas por meio de corte do órgão em cerca de 50 gramas, e fragmentadas com lâmina de bisturi estéril para evitar contaminação, lavados com solução fisiológica estéril, colocados sobre papel filtro para retirada do excesso de sangue e água e alocadas em coletores universais estéreis, devidamente identificados, e armazenados em freezer a -20° C.

Figura 5 – Colheita de sangue antes do abate



Fonte: Arquivo pessoal

5.4 ANÁLISES LABORATORIAIS

No soro foram determinadas as atividades de gama glutamiltransferase (GGT), de aspartato aminotransferase (AST), de ceruloplasmina, e os teores de cobre, zinco, ferro e molibdênio. As análises bioquímicas foram processadas no analisador bioquímico digital semiautomático marca Doles[®] modelo D-250 e no espectrofotômetro digital marca Celm[®] modelo E-225D.

A atividade de GGT foi determinada através de método cinético, utilizando kit comercial Doles[®].

A atividade de AST foi determinada através de método cinético, utilizando kit comercial Doles[®].

A atividade da ceruloplasmina foi determinada por método colorimétrico, segundo Schosinsky et al. (1974) e adaptado por López-Alonso et al. (2006). Foi preparado um solução tampão a base de ácido acético glacial e acetato de sódio, acertado a um pH de 5,0, foi também preparado solução de substrato a

base de orto-dianisidina, e ácido sulfúrico a 50% (9 mol/L). Pipetou-se 750 µL de solução tampão em dois tubos de ensaio e em cada um foram adicionados 50 µL de soro, e estes foram incubados a 30° C por 5 minutos. Após 5 minutos, foi adicionado em cada um dos tubos 250 µL da solução de substrato a base de orto-dianisidina. As amostras foram novamente incubadas a 30° C. Após 5 minutos de incubação para um dos tubos e 15 minutos para o outro tubo, faz-se a leitura de absorbância a 580 nm em espectrofotômetro. Dos valores obtidos, aplicam-se na seguinte fórmula para obter o valor da atividade de ceruloplasmina: $(A_{15} - A_5) \times 6,25 \times 100 \text{ UI/L}$.

Para a determinação de minerais no soro, estes foram diluídos de seis a vinte vezes com água Milli-Q. Para determinação das concentrações dos elementos minerais no fígado, as amostras foram digeridas até que se obtivesse uma solução que mantivesse os minerais da amostra inicial e que fosse totalmente líquida, sem a presença de partículas sólidas que pudessem obstruir os capilares de sucção do espectrômetro e assim impedir a leitura das amostras, segundo recomendações de Tebaldi et al. (2000).

Desta forma, optou-se pela realização de digestão nítrico-perclórica em sistema aberto. Após o descongelamento em temperatura ambiente de cada amostra orgânica, a mesma foi subdividida em pequenos pedaços, sendo estes acondicionados em vidros de relógio, devidamente descontaminados e identificados e levados à estufa a 102°C por 24 horas. Após a secagem, esperavam-se as amostras esfriarem e então eram pesadas entre 0,2 e 0,4 g de amostra seca, usando balança de alta precisão. Esta sub-álquota, era transferida para tubos de vidro de 150 x 21 mm, onde foram adicionados 5 mL de uma solução de ácidos nítrico e perclórico, na proporção de 4:1, ambos os ácidos P.A..

Os tubos com as amostras e a solução de ácidos foram deixados em capela ventilada por 12 horas (*overnight*), sendo então iniciado o processo de digestão. Para tal os tubos foram acondicionados em bloco digestor, o qual foi acionado a uma temperatura inicial de 70° C por duas horas, para que caso ainda existisse alguma partícula sólida de tecido, esta fosse prontamente solubilizada. Após este período, aumentou-se a temperatura para 150° C e manteve-se assim até que a digestão estivesse concluída, que ocorria

quando todo o ácido evaporava e restava apenas a matéria mineral, no fundo do tubo, que deve sempre apresentar coloração branca. Quando, após a evaporação do ácido, se tem uma coloração escura no tubo, se deve repetir o processo, pois ainda resta matéria orgânica a ser digerida.

Após a digestão, foi acrescentado em cada tubo 20 mL de uma solução de ácido clorídrico a 0,1 N. A solução então foi homogeneizada vigorosamente e depois acondicionada em dois tubos tipo falcon[®] de 15 mL de capacidade, sendo colocado 10 mL de solução em cada tubo, tendo-se então duas alíquotas iguais da mesma amostras para leitura, analisando-se uma e a outra ficando de contraprova.

As concentrações de cobre, molibdênio, ferro e zinco foram determinadas através de espectrometria óptica por emissão de plasma (ICP). A cada análise de 20 amostras era inserido um controle de qualidade interno do laboratório (MILES *et al.*, 2001).

5.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

As análises estatísticas foram processadas com auxílio de programa estatístico computadorizado (MINITAB RELEASE 13, 2000).

Os dados obtidos foram primeiramente analisados quanto a sua distribuição normal pela prova de Kolmogorov-Smirnov (SIEGEL, 1975).

Dependendo da distribuição dos dados estes foram avaliados segundo testes estatísticos paramétricos ou não paramétricos. Na ocorrência do primeiro caso, os dados foram inicialmente avaliados por meio de teste F (análise de variância), e quando significativo, as médias foram confrontadas pelo teste de Duncan (SAMPAIO, 1998). No caso de dados não paramétricos os mesmos foram analisados pelo teste de Mann-Whitney (SIEGEL, 1975). Foram consideradas significativas as diferenças cujo valor de “p” apresentou valores iguais ou inferiores a 0,05 ($p \leq 0,05$).

A análise da tabela de contingência relativa à frequência de teores de molibdênio foi feita pelo Teste de Qui-Quadrado (MASSAD *et al.*, 2004).

No estudo da relação entre duas variáveis foram calculados os coeficientes de correlação (SNEDCOR e COCKRAN, 1967) e obtidas às

equações de regressão. Fica estabelecido que existiu uma correlação de alta intensidade entre as variáveis quando $r \geq 0,60$; média intensidade quando $0,30 < r < 0,60$; e de baixa intensidade quando $r \leq 0,30$, considerando também que o nível de significância obtido nas correlações seja igual ou inferior a 5% (LITTLE e HILLS, 1978).

5.6 ASPECTOS ÉTICOS

Este estudo foi realizado de acordo com os princípios éticos na experimentação animal, sendo que o projeto de pesquisa foi aprovado pelo Comitê de Ética em Estudos Humanos e Animais da Universidade Federal do Vale do São Francisco (CEEHA/UNIVASF), protocolo número 26101071.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram colhidas amostras durante os meses de setembro e outubro de 2011 representando o período seco (PS) e durante os meses de março e abril de 2012 representando o período chuvoso (PC). Todos os animais apresentavam-se sadios e com boa condição corporal. Os abates de pequenos ruminantes no Abatedouro Municipal de Petrolina ocorrem no período noturno, sendo realizadas visitas semanais durante os períodos de amostragem ao abatedouro para obtenção das amostras. Pela tarde os animais foram indicados aleatoriamente, identificados com brinco e o sangue foi colhido. E durante a noite, foi acompanhado a abate dos animais previamente identificados com brinco, para colheita do fragmento de fígado e desta forma relacionar o sangue com o fígado obtido do mesmo animal.

Apenas animais dos municípios de Petrolina, Dormentes e Santa Maria da Boa Vista foram abatidos, portanto a representatividade dessa região contempla apenas estes municípios. Nas Tabelas 1 e 2 verificam-se a distribuição dos animais por origem, onde foi possível observar que durante o período seco a maioria dos animais abatidos no abatedouro municipal foram proveniente do próprio município de Petrolina, já que a amostragem era proporcional aos lotes que chegavam ao abatedouro.

Tabela 1 – Distribuição dos ovinos participantes da amostragem conforme município de origem.

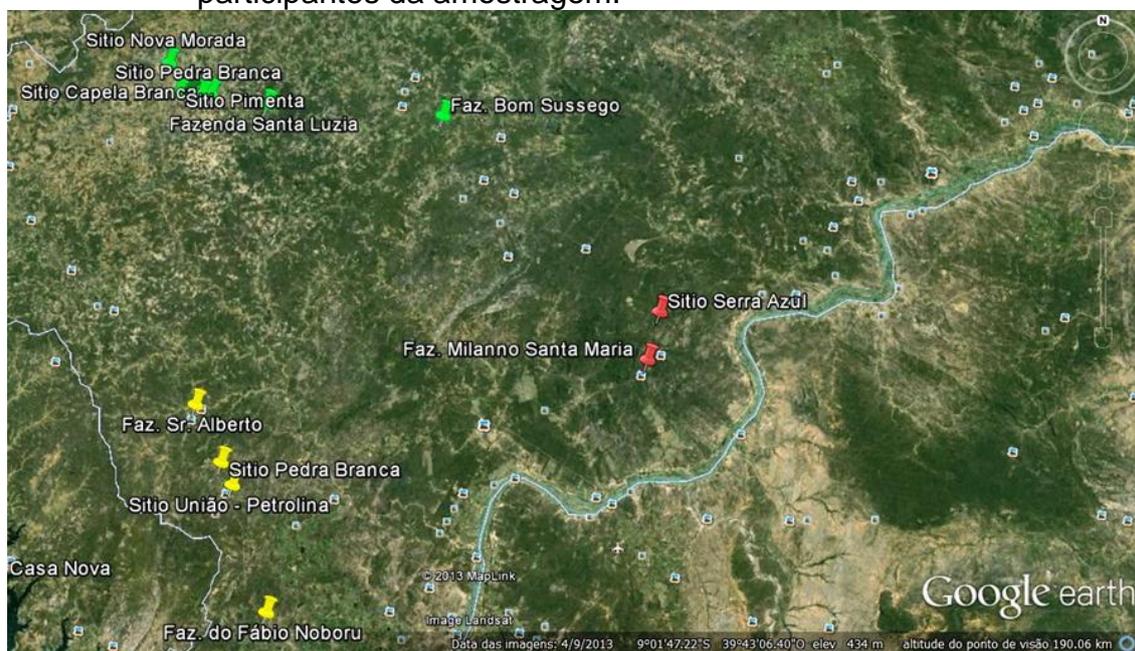
Município	Período seco			Período chuvoso		
	Macho	Fêmea	Total	Macho	Fêmea	Total
Dormentes	4	5	9	8	8	16
Petrolina	13	12	25	8	8	16
Santa Maria da Boa Vista	3	3	6	4	4	8
Total	20	20	40	20	20	40

Tabela 2 – Distribuição dos caprinos participantes da amostragem conforme município de origem.

Município	Período seco			Período chuvoso		
	Macho	Fêmea	Total	Macho	Fêmea	Total
Dormentes	5	3	8	8	8	16
Petrolina	10	12	22	8	8	16
Santa Maria da Boa Vista	5	5	10	4	4	8
Total	20	20	40	20	20	40

Foram rastreadas as propriedades de origem dos animais participantes da amostragem deste estudo, totalizando 13 propriedades, divididas da seguinte forma, quatro propriedades no município de Petrolina, sete propriedades no município de Dormentes, e duas propriedades no município de Santa Maria da Boa Vista, cujas coordenadas de localizações foram determinadas em aparelho de GPS e mostradas na Figura 5.

Figura 6 – Localização das propriedades de origem dos animais participantes da amostragem.



Fonte: Google Earth™

Foi aplicado em cada uma das 13 propriedades nos municípios de Petrolina, Dormentes e Santa Maria da Boa Vista um questionário (Anexo 1), visando obter informações em relação ao sistema de criação aplicado em cada uma das propriedades.

Das 13 propriedades analisadas, 61,5% mantinham seus animais em regime semi extensivo de criação, soltando durante o dia e prendendo durante a noite, sendo que a alimentação era baseada na vegetação nativa (caatinga). Nestas propriedades que criavam em sistema semi extensivo, 87,5% suplementavam com sal mineral comercial, onde 62,5% ofereciam sal mineral próprio para caprinos e/ou ovinos e 37,5% compravam sal específico para bovinos e forneciam livremente a todos os animais. Os 12,5% restante dessas propriedades ofereciam apenas sal branco puro colocado à vontade no cocho dentro dos apriscos com livre acesso aos animais.

Os 38,5% das propriedades restantes aplicavam o sistema criação extensivo à ultra extensivo, onde os animais são criados soltos em fundos de pastos coletivos ou áreas abertas, e apenas no momento de sua comercialização são recolhidos e presos para embarque no transporte. Nenhuma destas propriedades suplementava com sal mineral.

Das 13 propriedades pesquisadas 38,45% relataram que alguns animais apresentaram sintomatologia sugestiva de carência de cobre, como morte súbita, má formação e incoordenação de cabritos e cordeiros, mucosas pálidas, prostração, tremores e morte súbita em animais jovens e adultos. Destas propriedades, 40% forneciam suplemento mineral sendo que uma fornecia sal mineral para bovinos e outra apenas sal branco puro.

As outras 60% das propriedades que relatavam sintomatologia sugestiva de carência de cobre não ofereciam suplementação alguma, pois os animais eram criados de forma extensiva. Os sintomas nestas propriedades eram detectados apenas na época de parição ou em surtos, sendo que apenas os animais doentes eram separados e presos para tratamento.

Das quatro propriedades localizadas no município de Petrolina, 25 % delas relataram que animais já apresentaram sintomas sugestivos da deficiência de cobre mesmo fornecendo sal mineral específico para caprinos e ovinos. No município de Dormentes, das sete propriedades visitadas, em 42,85% afirmaram a presença dos sintomas que sugerem a ocorrência de carência cúprica em pequenos ruminantes. E no município de Santa Maria da Boa Vista, 50% das propriedades relataram a presença os sintomas semelhantes à deficiência cúprica entre os animais. Nenhuma das 13

propriedades visitadas relatou a ocorrência de sintomas sugestivos de intoxicação cúprica. O resumo dos dados obtidos podem ser verificados no quadro abaixo (Quadro 2).

Quadro 2 – Propriedades por município, sistema de criação utilizado e ocorrência de sintomatologia sugestiva de carência de cobre em pequenos ruminantes.

Município	Propriedade	Sistema de Criação	Ocorrência de Sintomas
Petrolina	Faz. Sr. Alberto	Semi Extensivo	Não
Petrolina	Faz. Fabio Noboru	Semi Extensivo	Não
Petrolina	Sítio Pedra Branca	Extensivo	Não
Petrolina	Sítio União	Ultra Extensivo	Sim
Dormentes	Sítio Pimenta	Semi Extensivo	Não
Dormentes	Sítio Nova Morada	Semi Extensivo	Não
Dormentes	Sítio Capela Branca	Extensivo	Sim
Dormentes	Sítio Umburana	Semi Extensivo	Sim
Dormentes	Sítio Pedra Branca	Semi Extensivo	Não
Dormentes	Faz. Santa Luzia	Semi Extensivo	Não
Dormentes	Faz. Bom Sucesso	Extensivo	Sim
Santa Maria da Boa Vista	Faz. Millano	Semi Extensivo	Não
Santa Maria da Boa Vista	Sítio Serra Azul	Ultra Extensivo	Sim

Este estudo mostrou que dos animais abatidos no município de Petrolina oriundos da microrregião de Petrolina são criados no sistema de extensivo ou

semiextensivo, sem que haja fornecimento de concentrado na alimentação animal. Este fato foi mostrado por Maranhão (2013), que afirma que a baixa produtividade no semiárido nordestino é devido a esse sistema de criação associado à precariedade econômica dos criadores. Silva et al. (2010) relata que no semiárido é prática comum na ovinocultura a utilização de pasto nativo, baseado na caatinga, como fonte de alimentação, a qual impõe sérias restrições ao desenvolvimento animal durante o período de seca.

A seca que ocorreu no semiárido brasileiro durante a realização deste estudo, com destaque a microrregião de Petrolina deve ser um fator a ser considerado ao avaliar os resultados deste trabalho, pois precipitação pluviométrica média em Petrolina nos meses de Setembro e Outubro de 2011 foi de 0,3 mm (média histórica de 7 mm) e nos meses de Março e Abril de 2012 foi de 2,0 mm (média histórica de 75 mm) (EMBRAPA, 2013).

Os valores de cobre sérico não apresentaram variação significativa quando comparamos os resultados obtidos no período seco com os obtidos no período chuvoso, em todas as categorias estudadas, sendo que apenas ao compararmos os resultados obtidos pelos caprinos no período seco, verificou-se que os machos apresentaram valores significativamente superiores aos obtidos das fêmeas, como mostra a Tabela 3 e Gráficos 1 e 2.

Tabela 3 – Valores médios e desvios padrão do teor sérico de cobre ($\mu\text{mol/L}$) em pequenos ruminantes do território do Sertão do São Francisco.

	Período seco	Período chuvoso
Ovinos Machos	10,3 \pm 1,8	10,7 \pm 2,7
Ovinos Fêmeas	10,7 \pm 2,0	9,8 \pm 1,5
Caprinos Machos	12,6 \pm 2,9 ^A	11,9 \pm 1,8
Caprinos Fêmeas	10,2 \pm 2,4 ^B	11,3 \pm 2,2
Ovinos Total	10,5 \pm 1,9	10,3 \pm 2,2
Caprinos Total	11,4 \pm 2,9	11,6 \pm 2,0

Nota: Letras maiúsculas distintas nas colunas indicam diferenças significativas entre os grupos ($p < 0,05$).

Gráfico 1 – Valores médios da concentração sérica de cobre ($\mu\text{mol/L}$) em pequenos ruminantes do território do Sertão do São Francisco, separados por sexo e período.

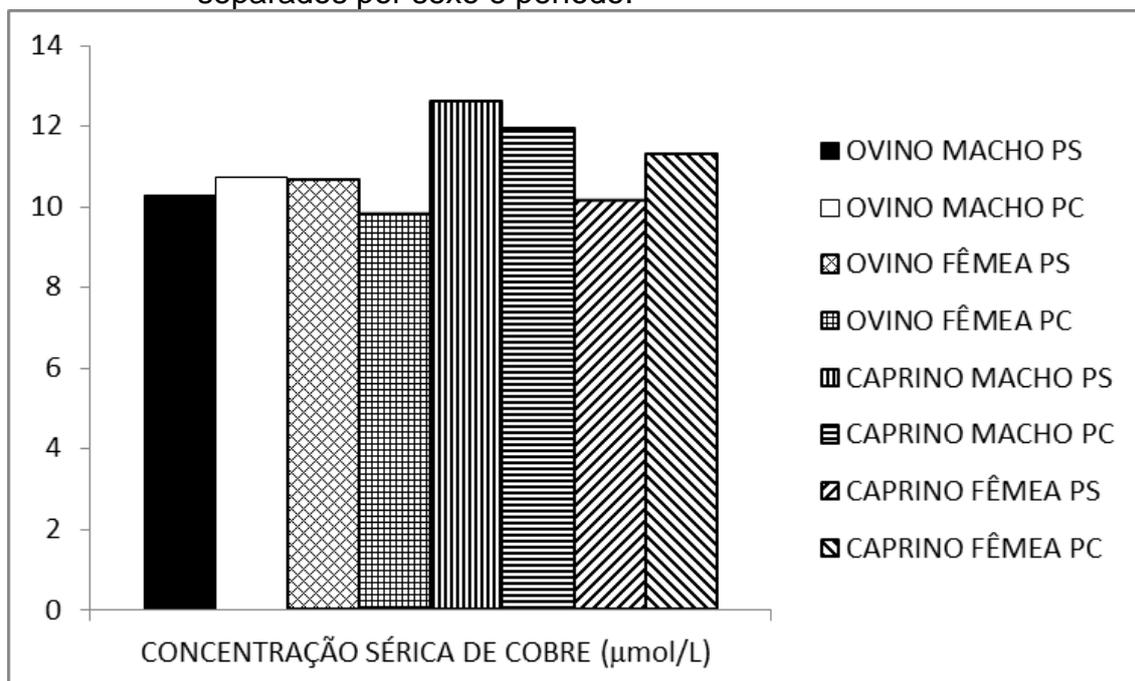
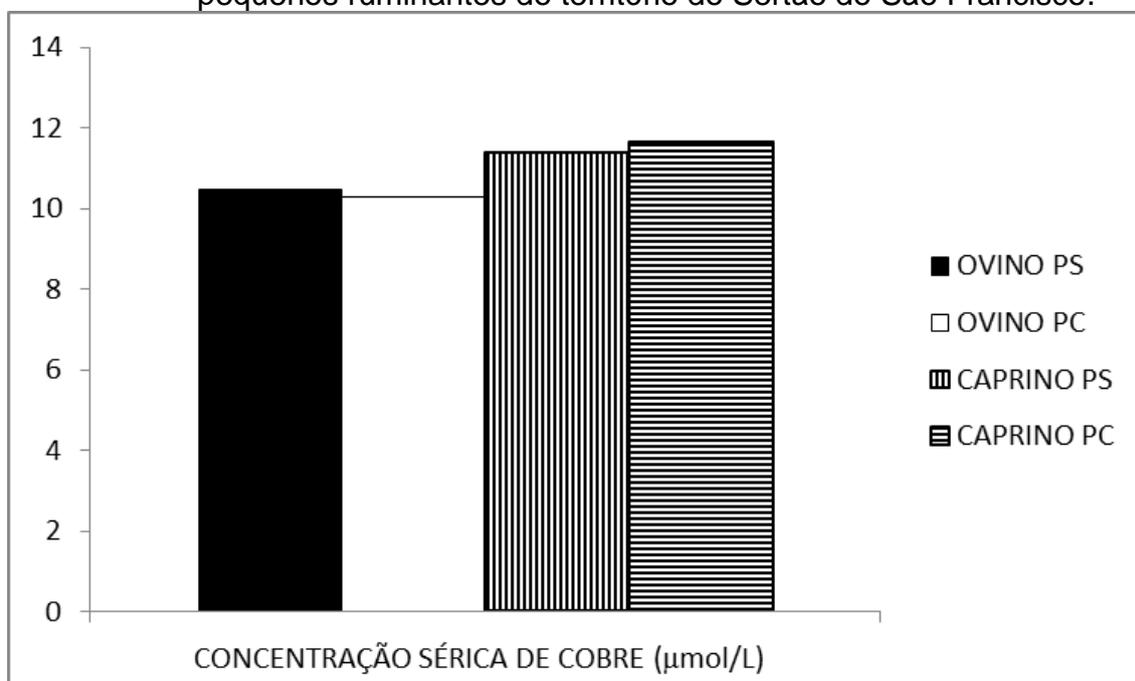


Gráfico 2 – Valores médios da concentração sérica de cobre ($\mu\text{mol/L}$) em pequenos ruminantes do território do Sertão do São Francisco.



Verificou-se que os teores de cobre sérico em ovinos mostrados na Tabela 3 variaram de 9,8 a 10,7 $\mu\text{mol/L}$, sem que houvesse diferença entre machos e fêmeas ou entre os períodos seco e chuvoso, e estes resultados estão dentro dos valores de referência apresentados por Kaneko et al. (1997) (9,13 a 25,2 $\mu\text{mol/L}$), e próximos aos resultados relatados por Marques et al. (2011), sendo que este mostra resultados obtidos na microrregião de Araripina, também localizada no sertão do estado de Pernambuco. No entanto, os resultados obtidos neste estudo foram inferiores aos publicados por Grace (1983), Van Ryssen e Bradfield (1992), Oregui e Bravo (1993) e Santos et al. (2006), sendo que destes estudos apenas Santos et al. (2006) foi desenvolvido no Brasil, mais precisamente no município de Surubim-PE, localizado no Agreste pernambucano, com condições teoricamente mais favoráveis a criação animal. Em estudo realizado em Mossoró-RN (SOUSA et al., 2012), foi encontrado valores médios de cobre plasmático de 5,9 e 5,2 $\mu\text{mol/L}$ em duas propriedades deste município, onde ocorreu surto de ataxia enzoótica.

Quando avaliamos os resultados dos caprinos deste trabalho, cujas médias variaram de 10,2 a 12,6 $\mu\text{mol/L}$, Verificou-se que estão compatíveis com o que mostra a literatura, onde Marques (2010) apresenta valores para caprinos de $11,37 \pm 2,57$. Já Niekerk et al. (1990) mostra valores entre 12,6 e 25,2 $\mu\text{mol/L}$ e Solaiman et al. (2007) apresenta valores médios de $18,11 \pm 0,63$ $\mu\text{mol/L}$.

Segundo Suttle (2010), para que pequenos ruminantes apresentem quadro de deficiência de cobre sem manifestação clínica aparente, é necessário que o valor sérico deste microelemento varie entre 3 a 9 $\mu\text{mol/L}$, valores médios não encontrados neste trabalho. No entanto, ao avaliarmos os dados individuais de cada animal, 8 caprinos e 17 ovinos apresentaram valores dentro desta faixa de deficiência de cobre inaparente.

Quando analisamos os teores de cobre hepático, também não Verificou-se nenhuma diferença entre período ou espécie, com valores médios variando de 217 a 295 ppm para ovinos e de 211 a 280 ppm para caprinos. Estes valores foram inferiores ao encontrado por diversos autores: Jones et al. (1984) apresentaram valores médios de 304 ppm; Oregui e Bravo (1993) relataram que o valor médio de cobre hepático seria de 500 ppm; Antonelli (2007)

descreveu valores médios de 328 ppm de cobre no fígado como parâmetro de normalidade em ovinos sadios. Já Blood (1994) considera que os valores normais para cobre hepático ocorrem a partir de 200 ppm, assim como Grace (1983) considerou como normais valores de 150 a 1.200 ppm de cobre hepático. Não houve variação também entre machos e fêmeas, apesar de Ortolani (2002) afirmar que fêmeas possam ser mais predispostas ao acúmulo de cobre, relacionando à ação do estradiol, que aumentaria a retenção de cobre no fígado.

Apesar de Suttle (1986) afirmar que a determinação de cobre hepático represente mais o acúmulo deste elemento no organismo do que um indicador de deficiência, vários autores evidenciaram valores inferiores aos achados neste trabalho e determinaram como deficiência aparente ou inaparente de cobre. Marques (2010) sugeriu que os valores de 135 a 186 ppm indicam deficiência inaparente de cobre. Já Tokarnia et al (1971) estudando ovinos com deficiência de cobre encontrou valores médios de cobre hepático de 125 ppm, enquanto que Santos et al. (2006) mostrou que ovinos e caprinos apresentaram quadro clínico de ataxia enzoótica com valores que variaram de 19,4 a 140 ppm. Neste trabalho, apesar dos valores médios estarem dentro de parâmetros de normalidade de acordo com alguns autores, obteve-se oito caprinos e 13 ovinos com valores inferiores a 110 ppm, o que sugere que é necessário avaliar criteriosamente as criações e suplementar com mistura mineral animais criados em regiões com restrição de alimentos, como no semiárido, pois conforme Peixoto et al. (2005) de acordo com a localização geográfica, período do ano e tipo de alimentação devem ser considerados ao indicar suplementação mineral. NRC (2007) afirma que os requerimentos de caprinos em relação ao cobre na dieta é muito superior ao requerimento de ovinos, considerando o mesmo peso e categoria, o que pressupõe uma maior predisposição maior dos caprinos em relação ao desenvolvimento da carência de cobre. Este fato foi aventado por Riet-Correa (2004) e confirmado por Santos et al. (2006) que verificou uma maior incidência de ataxia enzoótica em caprinos do que em ovinos. Há necessidade de mais estudos para explicar melhor as causas desta predisposição.

Como os teores de cobre sérico e hepáticos estão dentro dos parâmetros de normalidade segundo vários autores, explica-se a baixa relação

entre estes dois parâmetros. Caso houvesse uma carência pronunciada, ou uma iminente intoxicação, teríamos uma relação mais elevada, conforme mostrou Antonelli (2007).

Quando avaliamos os valores séricos de zinco, Verificou-se que não houve variação significativa entre os grupos de ovinos, tanto entre os períodos seco e chuvoso, como entre os sexos nos períodos.

Já quando comparamos os resultados dos caprinos entre os períodos, enquanto os machos não apresentaram diferença significativa, Verificou-se que as fêmeas apresentaram valores significativamente mais altos no período chuvoso do que no período seco. Assim como quando comparamos os valores médios de todos caprinos, o período chuvoso apresentou valores significativamente maiores do que o período seco.

Quando comparamos os valores obtidos por ovinos e caprinos, foi possível verificar que os ovinos mostraram valores médios significativamente superiores aos obtidos pelos caprinos no período seco, enquanto que no período chuvoso não houve diferença significativa entre as espécies, como mostra a Tabela 4 e Gráficos 3 e 4.

Tabela 4 – Valores médios e desvios padrão do teor sérico de zinco ($\mu\text{mol/L}$) em pequenos ruminantes do território do Sertão do São Francisco.

	Período seco	Período chuvoso
Ovinos Machos	17,3 \pm 6,4	17,2 \pm 3,2
Ovinos Fêmeas	22,8 \pm 3,1	19,1 \pm 8,8
Caprinos Machos	15,8 \pm 3,7	21,0 \pm 9,3
Caprinos Fêmeas	11,6 \pm 2,8 ^b	21,2 \pm 6,5 ^a
Ovinos Total	20,2 \pm 5,6 ^A	18,1 \pm 6,5
Caprinos Total	13,7 \pm 3,9 ^{bB}	21,1 \pm 7,7 ^a

Nota: Letras minúsculas distintas nas linhas indicam diferenças significativas entre os períodos ($p < 0,05$). Letras maiúsculas distintas nas colunas indicam diferenças significativas entre os grupos ($p < 0,05$).

Gráfico 3 – Valores médios da concentração sérica de zinco ($\mu\text{mol/L}$) em pequenos ruminantes do território do Sertão do São Francisco, separados por sexo e período.

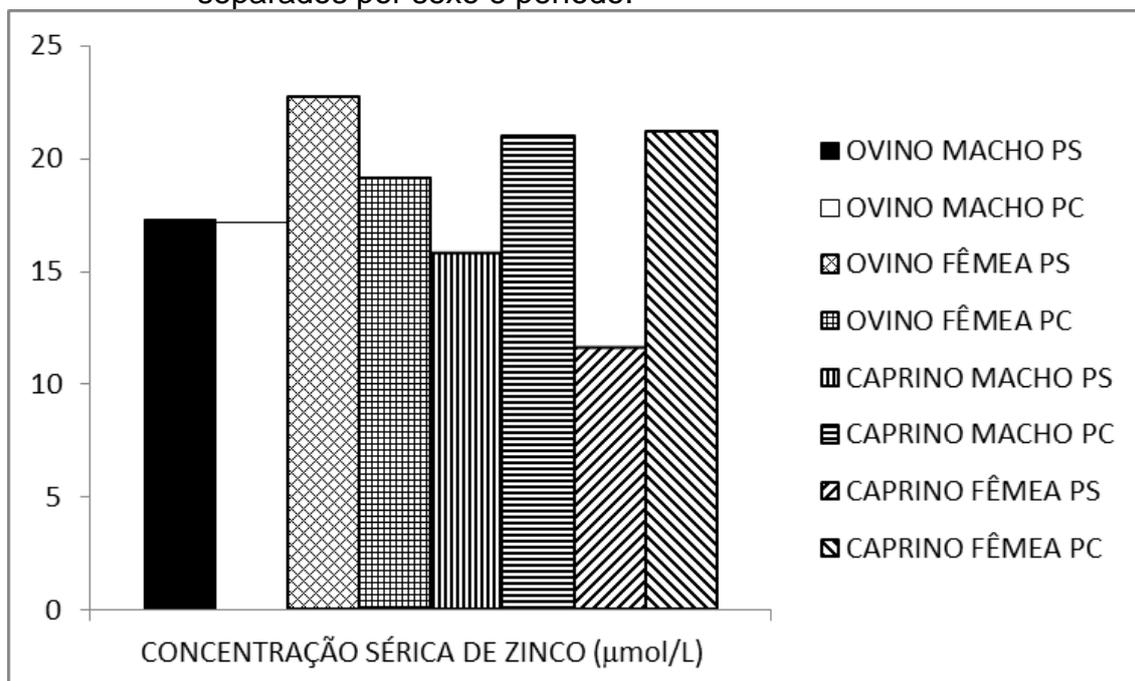
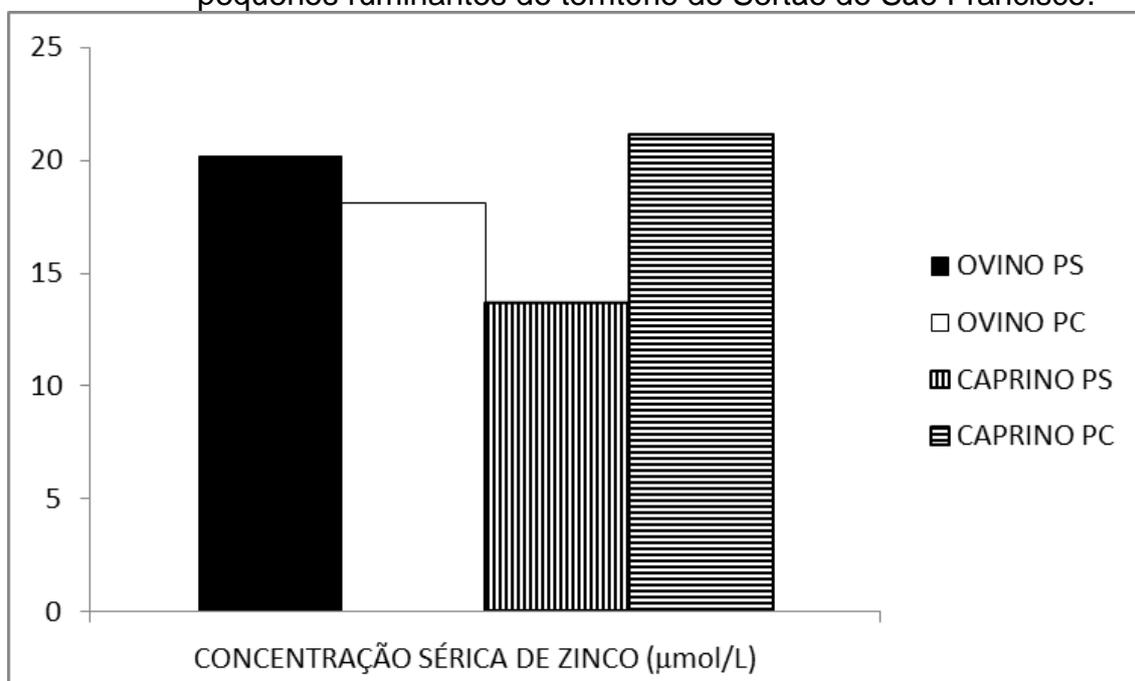


Gráfico 4 – Valores médios da concentração sérica de zinco ($\mu\text{mol/L}$) em pequenos ruminantes do território do Sertão do São Francisco.



Ao analisarmos os resultados referentes aos teores séricos de ferro, foi possível verificar que os ovinos apresentaram valores médios

significativamente superiores no período seco em relação ao período chuvoso, tanto para machos, fêmeas, como para os ovinos em geral. Não houve diferença significativa entre machos e fêmeas de ovinos em nenhum período.

Quando avaliamos os resultados dos caprinos, não houve diferença significativa entre os períodos seco e chuvoso tanto para os machos, fêmeas como para os caprinos em geral.

Quando comparamos os valores médios de ferro sérico obtidos por ovinos e caprinos, foi possível verificar que os ovinos mostraram valores médios significativamente superiores aos obtidos pelos caprinos no período seco, enquanto que no período chuvoso não houve diferença significativa entre as espécies, como mostra a Tabela 5 e Gráficos 5 e 6.

Tabela 5 – Valores médios e desvios padrão do teor sérico de ferro ($\mu\text{mol/L}$) em pequenos ruminantes do território do Sertão do São Francisco.

	Período seco	Período chuvoso
Ovinos Machos	74,0 \pm 25,2 ^a	48,3 \pm 13,1 ^b
Ovinos Fêmeas	82,5 \pm 30,1 ^a	54,3 \pm 21,9 ^b
Caprinos Machos	51,5 \pm 20,2	43,6 \pm 12,1
Caprinos Fêmeas	39,3 \pm 15,0	49,2 \pm 7,3
Ovinos Total	78,5 \pm 27,8 ^{aA}	51,2 \pm 18,0 ^b
Caprinos Total	45,4 \pm 18,5 ^B	46,4 \pm 10,3

Nota: Letras minúsculas distintas nas linhas indicam diferenças significativas entre os períodos ($p < 0,05$). Letras maiúsculas distintas nas colunas indicam diferenças significativas entre os grupos ($p < 0,05$).

Gráfico 5 – Valores médios da concentração sérica de ferro ($\mu\text{mol/L}$) em pequenos ruminantes do território do Sertão do São Francisco, separados por sexo e período.

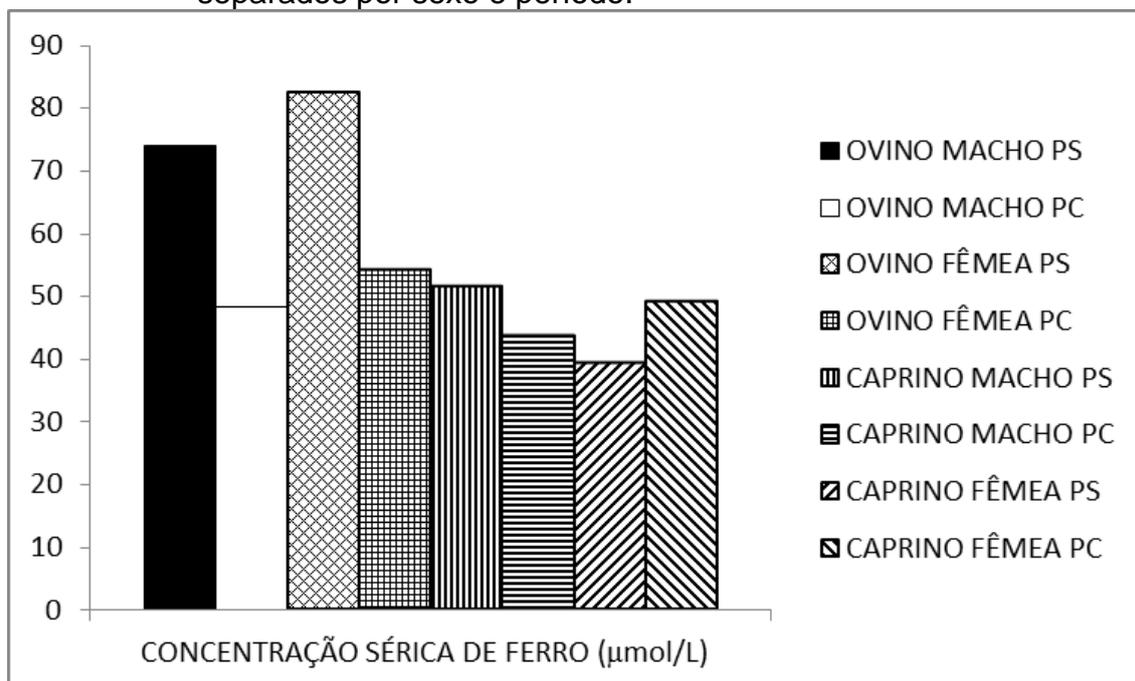
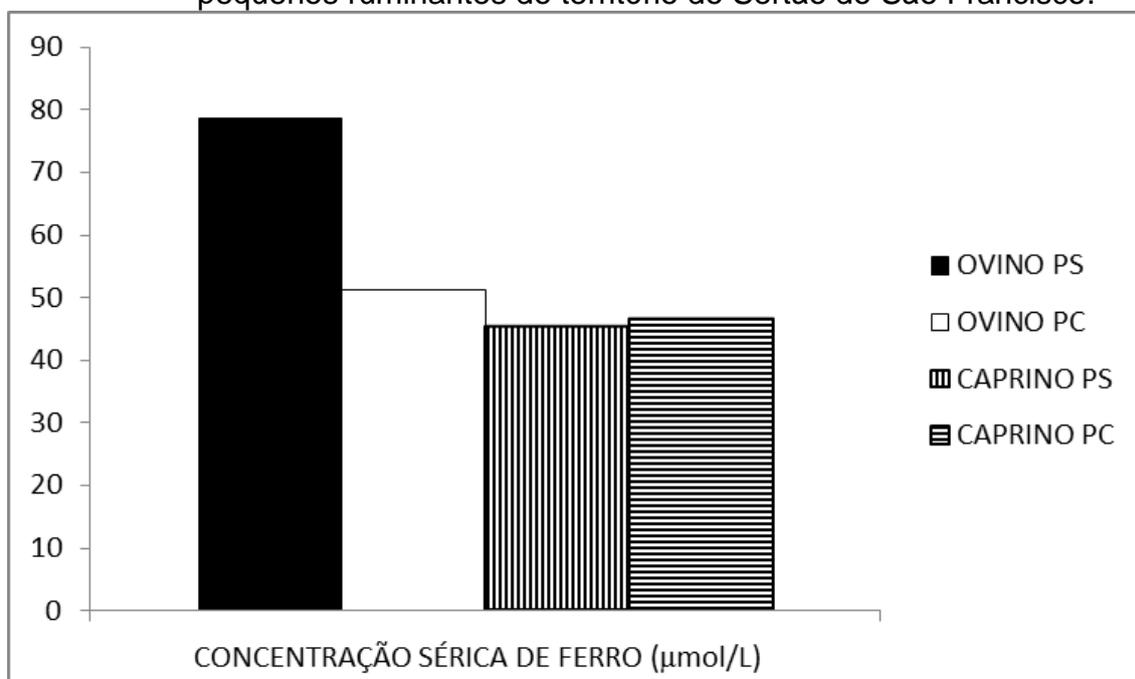


Gráfico 6 – Valores médios da concentração sérica de ferro ($\mu\text{mol/L}$) em pequenos ruminantes do território do Sertão do São Francisco.



Em uma parcela significativa das amostras os teores de molibdênio sérico encontravam-se abaixo do limiar de calibração e determinação do aparelho de espectrometria óptica por emissão de plasma utilizado neste experimento, e desta forma a análise estatística referente a esta variável foi realizada de forma diferenciada, através do teste de Qui-Quadrado com a finalidade de compararmos as proporções de cada categoria variando em sexo, período e teor de molibdênio maior ou menor do que $0,05 \mu\text{mol/L}$, conforme mostrado na Tabela 6.

Tabela 6 – Frequência dos animais com teores séricos de molibdênio acima e abaixo de $0,05 \mu\text{mol/L}$ em pequenos ruminantes do território do Sertão do São Francisco.

	Período seco		Período chuvoso		Valor de p
	> 0,05	< 0,05	> 0,05	< 0,05	
Ovinos Machos	13	7	6	14	0,0267
Ovinos Fêmeas	0	20	8	12	0,0016
Valor de p	< 0,0001		0,5073		
Caprinos Machos	9	11	7	13	0,5186
Caprinos Fêmeas	3	17	0	20	0,0717
Valor de p	0,0384		0,0036		
Ovinos Total	13	27	14	26	0,8131
Caprinos Total	12	28	7	33	0,1890
Valor de p	0,8094		0,0753		

Nota: Valor de p na linha para a diferença entre os períodos. Valor de p na coluna na 1ª e 2ª seções para a diferença entre sexo, e na 3ª seção para a diferença entre espécies.

Desta forma, Verificou-se que ocorreu uma diminuição na frequência de ovinos machos com teor de molibdênio acima de $0,05 \mu\text{mol/L}$ no período chuvoso em relação ao período seco, enquanto que com as fêmeas ocorreu o inverso. Quando Verificou-se a influência do sexo, percebeu-se que apenas no

período seco ocorreu diferença significativa, onde os machos apresentaram um número maior de animais com teor de molibdênio acima de 0,05 $\mu\text{mol/L}$, enquanto que nas fêmeas prevaleceu animais com teor abaixo deste valor.

Em relação aos caprinos, Verificou-se que não houve influência do período na quantidade de animais em relação ao teor de molibdênio sérico, mas foi verificado que em ambos os períodos a quantidade de caprinos machos com teor de molibdênio acima de 0,05 $\mu\text{mol/L}$ foi superior ao de fêmeas de caprinos.

Não houve diferença significativa de frequência entre as espécies, tampouco entre os períodos quando o fator sexo não foi considerado.

Conseguimos analisar comparativamente as médias das amostras em que os teores de molibdênio apresentavam-se acima de 0,05 $\mu\text{mol/L}$ (exceto para fêmeas de ovinos no período seco e fêmeas de caprinos no período chuvoso), e não houve diferença significativa entre ovinos machos e fêmeas em nenhum dos períodos, assim como não houve diferença entre os períodos. Quando avaliamos os resultados obtidos pelos caprinos, também não ocorreu diferença significativa em nenhum momento. Também não ocorreram diferenças entre as espécies em nenhum dos períodos, conforme demonstrado na Tabela 7.

Tabela 7 – Valores médios e desvio padrão ($\mu\text{mol/L}$) de molibdênio sérico dos animais que apresentaram teor acima de 0,05 $\mu\text{mol/L}$ em pequenos ruminantes do território do Sertão do São Francisco.

	Período seco	Período chuvoso
Ovinos Machos	0,16 \pm 0,10	0,20 \pm 0,08
Ovinos Fêmeas	-	0,12 \pm 0,06
Caprinos Machos	0,16 \pm 0,08	0,10 \pm 0,05
Caprinos Fêmeas	0,20 \pm 0,04	-
Ovinos Total	0,16 \pm 0,10	0,10 \pm 0,05
Caprinos Total	0,17 \pm 0,08	0,15 \pm 0,08

Nota: Não houve diferença significativa entre os grupos ou entre os períodos.

Os valores de cobre hepático não apresentaram variação significativa quando comparamos os resultados obtidos no período seco com os obtidos no período chuvoso, em todas as categorias estudadas, assim como não ocorreram diferenças entre as espécies em nenhum dos períodos, conforme demonstrado na Tabela 8 e Gráficos 7 e 8.

Tabela 8 – Valores médios e desvios padrão do teor hepático de cobre (ppm) em pequenos ruminantes do território do Sertão do São Francisco.

	Período seco	Período chuvoso
Ovinos Machos	217±133	236±110
Ovinos Fêmeas	245±173	295±206
Caprinos Machos	210±133	295±163
Caprinos Fêmeas	211±114	266±147
Ovinos Total	230±151	266±166
Caprinos Total	211±120	280±154

Nota: Não houve diferença significativa entre os grupos ou entre os períodos.

Gráfico 7 – Valores médios do teor hepático de cobre (ppm) em pequenos ruminantes, separados por sexo e período.

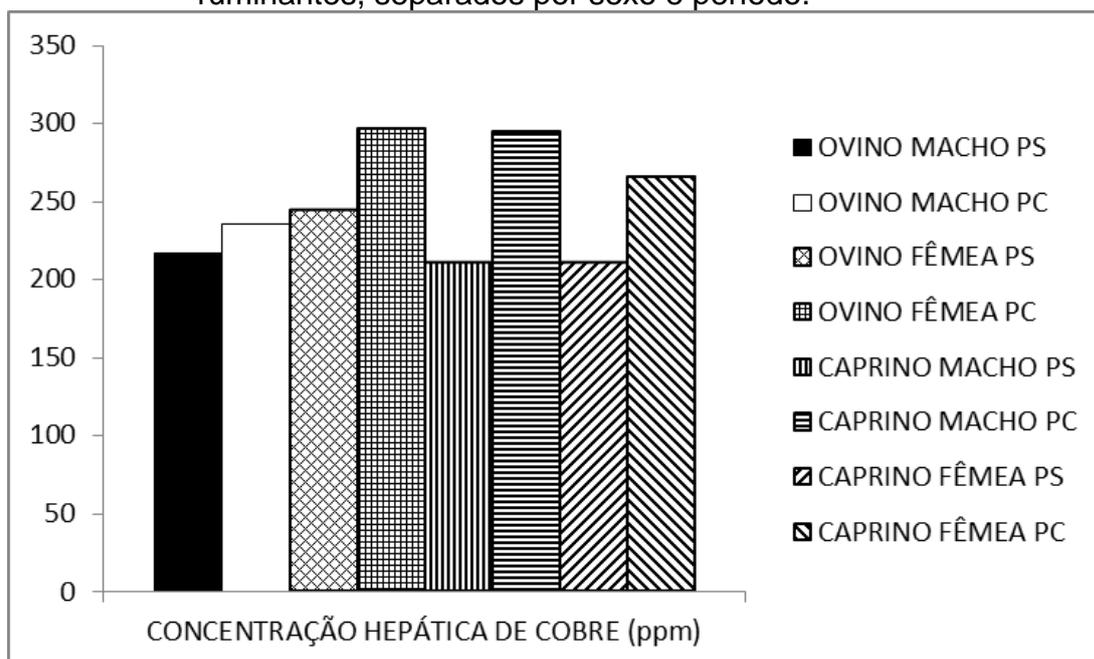
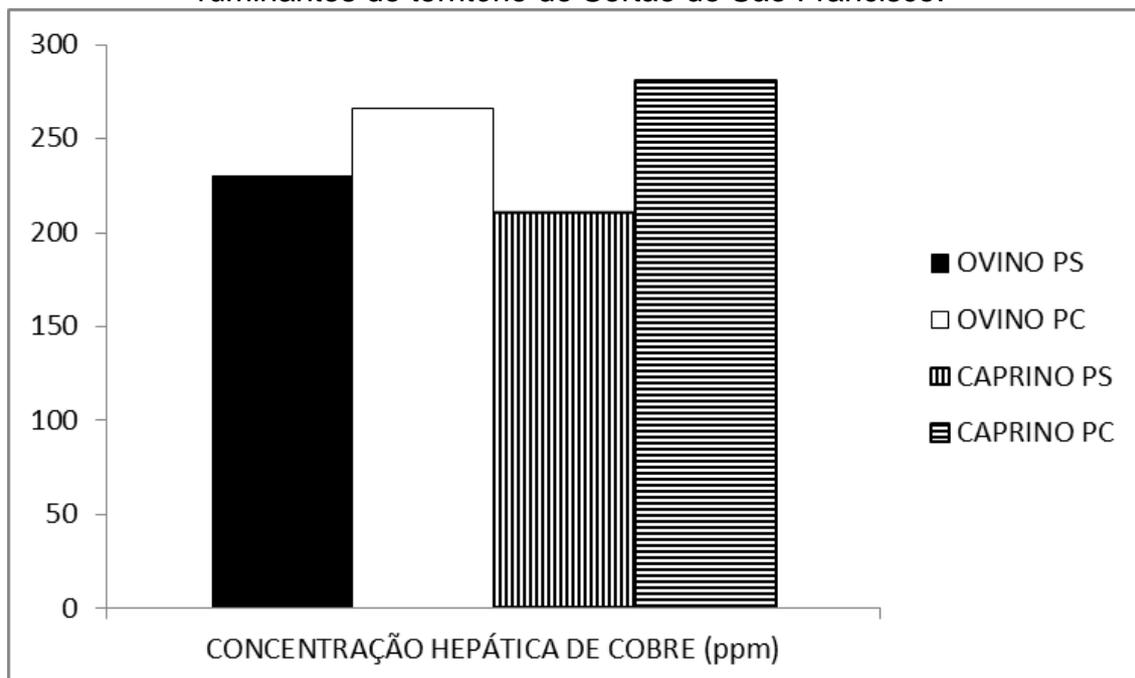


Gráfico 8 – Valores médios do teor hepático de cobre (ppm) em pequenos ruminantes do território do Sertão do São Francisco.



Quando avaliamos os valores hepáticos de zinco em ovinos, Verificou-se que houve variação significativa apenas entre os machos do período seco com os do período chuvoso, onde estes últimos apresentaram valores médios mais altos. Já entre as fêmeas, ou comparando machos e fêmeas não houve diferença significativa.

Já quando comparamos os resultados dos caprinos entre os períodos ou entre sexos em cada período não houve diferença significativa, assim como não ocorreram diferenças entre as espécies em nenhum dos períodos, conforme demonstrado na Tabela 9 e Gráficos 9 e 10.

Tabela 9 – Valores médios e desvios padrão do teor hepático de zinco (ppm) em pequenos ruminantes do território do Sertão do São Francisco.

	Período seco	Período chuvoso
Ovinos Machos	104±21 ^b	133±50 ^a
Ovinos Fêmeas	111±19	110±20
Caprinos Machos	118±21	111±163
Caprinos Fêmeas	107±22	109±18
Ovinos Total	107±20	122±39
Caprinos Total	113±22	110±21

Nota: Letras minúsculas distintas nas linhas indicam diferenças significativas entre os períodos ($p < 0,05$).

Gráfico 9 – Valores médios do teor hepático de zinco (ppm) em pequenos ruminantes do território do Sertão do São Francisco, separados por sexo e período.

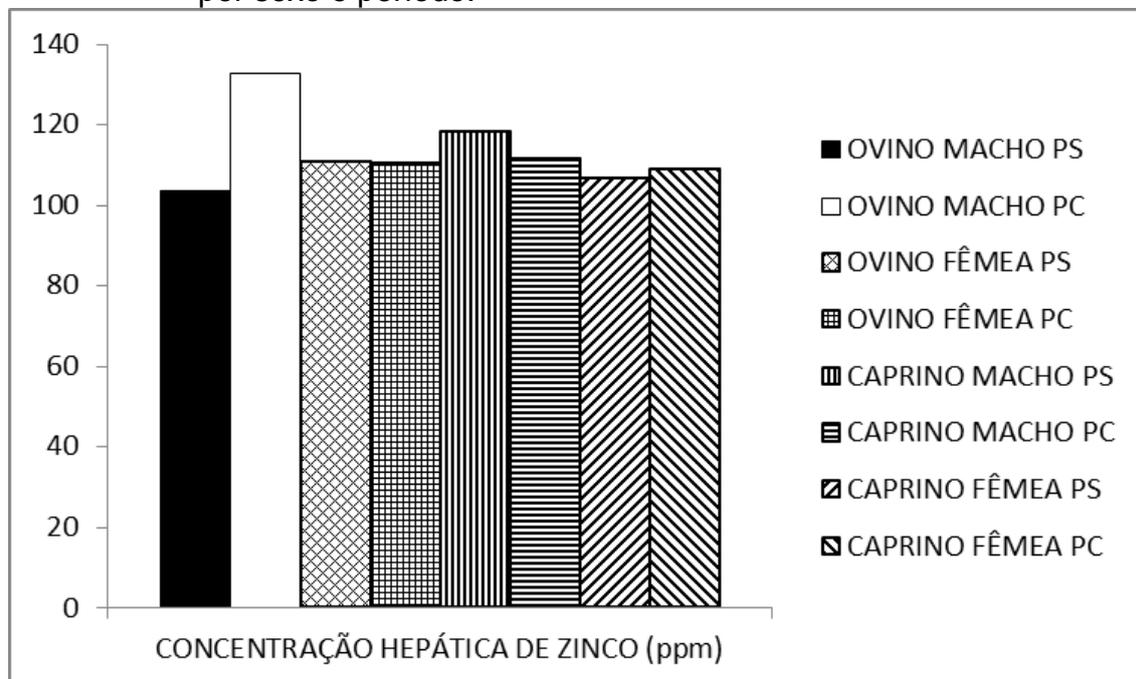
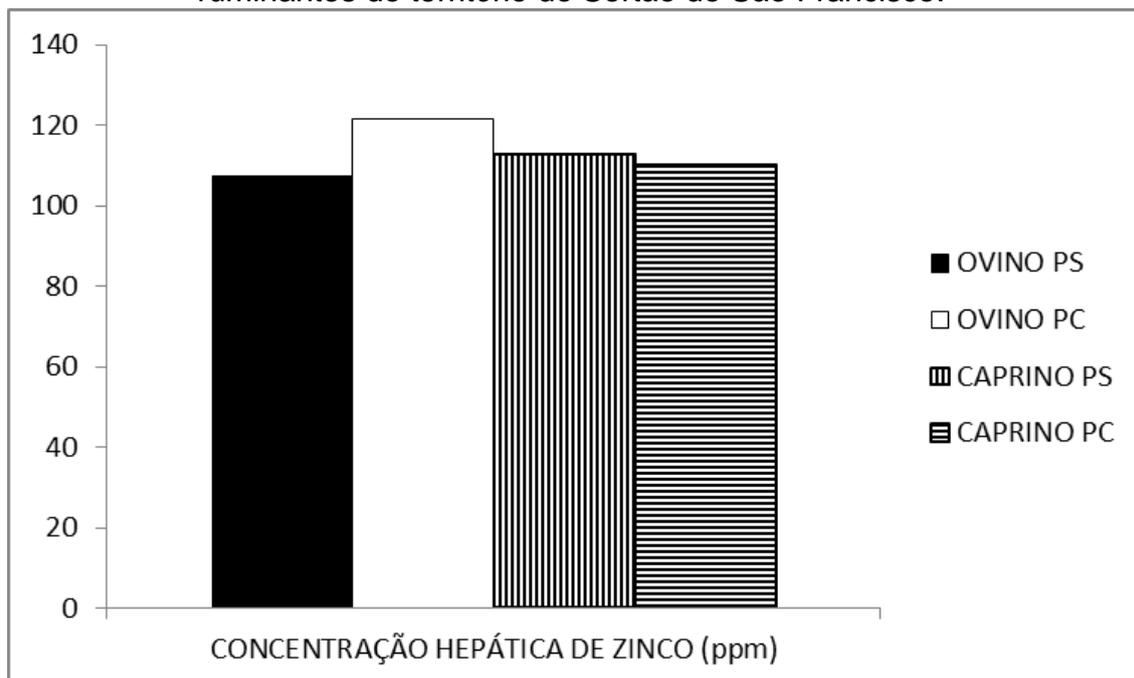


Gráfico 10 – Valores médios do teor hepático de zinco (ppm) em pequenos ruminantes do território do Sertão do São Francisco.



Niekerk et al. (1990) mostra valores para zinco abaixo de $12,2 \mu\text{mol/L}$ tanto para ovinos como caprinos, que segundo os autores indica uma deficiência marginal deste elemento. Em nosso estudo, apenas as fêmeas de caprinos no período seco mostraram valores médios inferiores ao descrito por Niekerk et al. (1990), sugerindo uma deficiência marginal deste elemento neste período. Já Suttle (2010) afirma que o valor limite inferior de normalidade para zinco sérico em ovinos e caprinos é de $10 \mu\text{mol/L}$. Em ambos os casos as fêmeas de caprinos citadas anteriormente estariam dentro dos valores de normalidade, mas muito próximas de valores de deficiência. Marques (2010) encontrou valores que variaram de $10,6$ a $12,8 \mu\text{mol/L}$. Já Van Ryssen e Bradifield (1992) encontraram valores médios de $15,0 \mu\text{mol/L}$ para zinco em ovelhas mantidas em pastagem, o qual foi considerado dentro da normalidade, e ainda assim abaixo dos valores médios encontrados em nosso trabalho, exceto para caprinos fêmeas no período seco.

Os teores de zinco hepático encontrados neste trabalho (104 a 133 ppm) teores estiveram condizentes com o relatado por Tokarnia et al. (1988), que afirmou que os teores de zinco hepáticos variavam na normalidade entre 101 e 200 ppm, e um pouco abaixo para algumas categorias e períodos do encontrado por Marques (2010), cujos valores médios foram de 128,7 ppm,

assim como por Antonelli (2007) em ovinos, que relatou valores normais variando de 120 a 138 ppm. O zinco é o principal estimulador da síntese de metalotioneína hepática. Segundo López-Alonso et al. (2005) quanto maior a concentração de zinco no fígado maior é o teor de metalotioneína neste órgão ($R^2 = 0,69$). Esse composto é responsável pela complexação com o cobre estocado no órgão para ser posteriormente excretado pela bile no processo de desintoxicação. Embora não tenha determinado os teores de metalotioneína, Minervino (2007) sugeriu que ruminantes prestes a se intoxicarem por cobre passam a acumular zinco no fígado na tentativa de aumentar a desintoxicação do cobre. Como neste trabalho não houve quantidades elevadas de cobre, provavelmente não houve estímulo para estocar este elemento em grande quantidade, assim como não foi verificada uma alta ou média relação entre o acúmulo de cobre hepático com o acúmulo de zinco hepático.

Os resultados obtidos neste trabalho, tanto para zinco sérico como para zinco hepático podem ser considerados dentro da normalidade segundo alguns autores, mas flertando com valores marginais por estarem muito próximos do limite inferior de normalidade. Como a absorção de zinco é influenciada pela presença de antagonistas com o cobre, cálcio e ferro, e neste trabalho apurou-se valores relativamente elevados de ferro, o que pode ter contribuído para a diminuição da absorção do zinco. Caso o animal entre em quadro de carência de zinco, a redução no apetite e o apetite seletivo por proteína e gordura sobrepõem-se sobre o carboidrato, além de resultar em anormalidades dermatológicas e desordens ósseas e reprodutivas (SUTTLE, 2010). Desta forma, seria interessante avaliar no futuro a possível ocorrência de problemas de infertilidade e baixo ganho de peso nestas regiões onde foram comprovados baixos teores de zinco.

Ao avaliarmos os teores de ferro hepático, tanto ovinos como caprinos não apresentaram variação significativa de quando comparamos os valores médios obtidos no período seco com os obtidos no período chuvoso, em todas as categorias estudadas.

Ao compararmos as espécies, os ovinos apresentaram valores médios de ferro hepático significativamente superiores aos caprinos tanto no período seco como no período chuvoso, como mostram a Tabela 10 e Gráficos 11 e 12.

Tabela 10 – Valores médios e desvios padrão do teor hepático de ferro (ppm) em pequenos ruminantes do território do Sertão do São Francisco.

	Período seco	Período chuvoso
Ovinos Machos	267±113	225±101
Ovinos Fêmeas	233±103	255±116
Caprinos Machos	136±53	145±64
Caprinos Fêmeas	162±42	155±68
Ovinos Total	250±108 ^A	240±108 ^A
Caprinos Total	149±49 ^B	150±66 ^B

Nota: Letras maiúsculas distintas nas colunas indicam diferenças significativas entre os grupos ($p < 0,05$).

Gráfico 11 – Valores médios do teor hepático de ferro (ppm) em pequenos ruminantes do território do Sertão do São Francisco, separados por sexo e período.

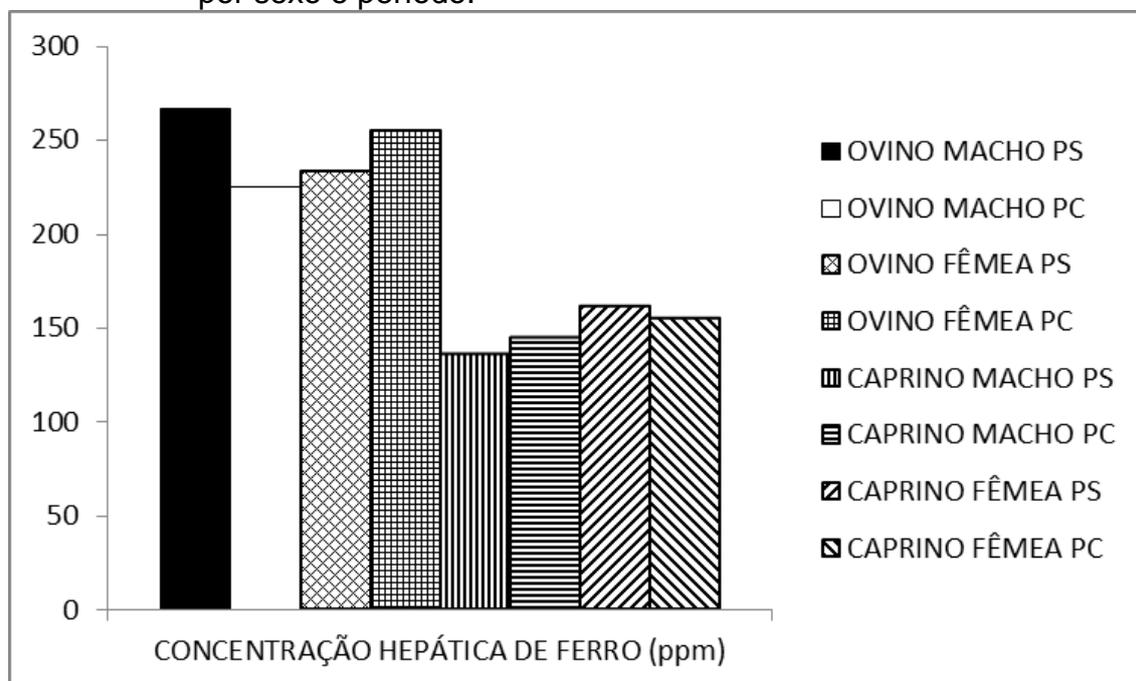
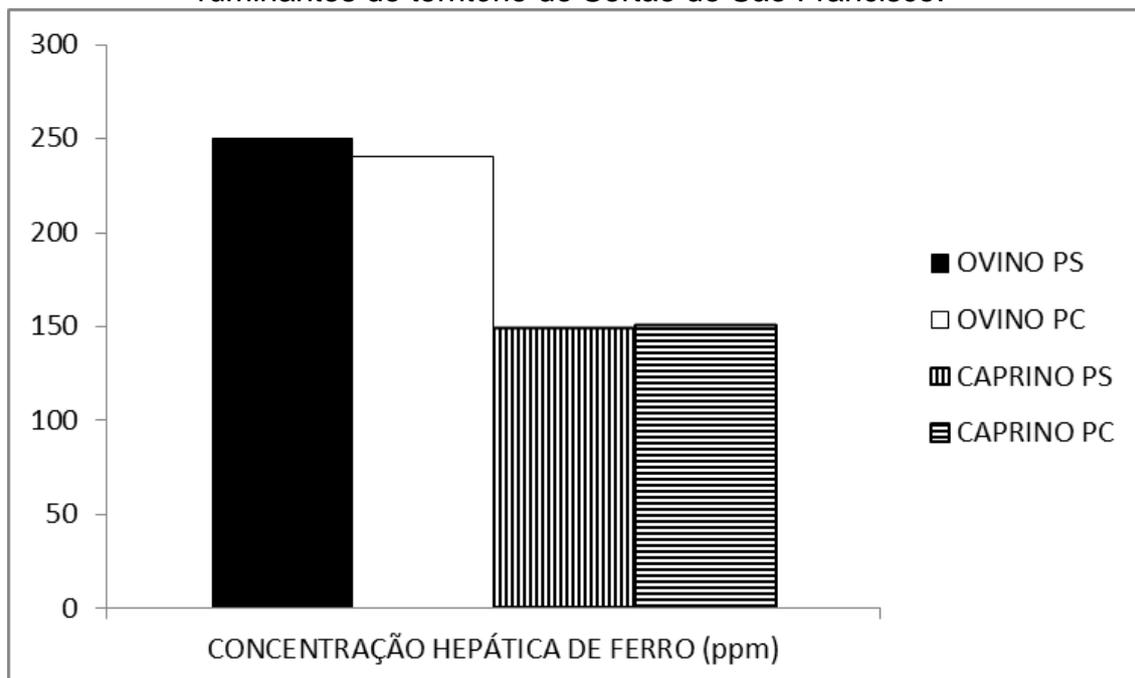


Gráfico 12 – Valores médios do teor hepático de ferro (ppm) em pequenos ruminantes do território do Sertão do São Francisco.



Dados interessantes foram obtidos a partir do ferro sérico, pois os ovinos apresentaram valores significativamente superiores no período seco (78,5 $\mu\text{mol/L}$) em relação ao período chuvoso (51,2 $\mu\text{mol/L}$), assim como em relação aos caprinos (45,4 $\mu\text{mol/L}$). Segundo Kaneko et al. (1997), a concentração sérica de ovinos varia de 29,7 a 39,7 $\mu\text{mol/L}$, enquanto que Suttle (2010) considera normal o valor médio de $34,6 \pm 1,25$ $\mu\text{mol/L}$ para ovinos e de 17 a 36 $\mu\text{mol/L}$ para caprinos, e Blood (1994) considera como normal valores médios de 37,4 $\mu\text{mol/L}$. Analisando os dados obtidos neste estudo, todos os animais apresentavam valores séricos acima do considerando dentro de parâmetros de normalidade dos autores acima citados. Contudo, há controvérsias na literatura, pois Suttle (2010) afirma que ovinos podem apresentar valores de ferro sérico que variam de 18,2 a 54,4 $\mu\text{mol/L}$, e desta forma apenas os ovinos do período seco apresentaram valores superiores aos considerados dentro da normalidade. Marques (2010) obteve valores que variaram de 25,06 a 35,58 $\mu\text{mol/L}$ para ferro sérico em uma região próxima à deste estudo, fato que pode ser explicado pela condição de pluviosidade mais favorável nos municípios alvo de seu estudo (Granito, Ouricuri e Araripina), além de que houve uma precipitação consideravelmente maior na época em que seu estudo foi conduzido, aumentando a oferta de alimento. Segundo os autores

supracitados, o limite para o animal iniciar o desenvolvimento de carência é de 29 $\mu\text{mol/L}$ de ferro sérico, sendo considerado fator de risco para situação de deficiência, enquanto que valores superiores a 39 $\mu\text{mol/L}$ são indicativos de excesso de ferro sérico.

Os resultados de ferro hepático neste estudo mostraram valores muito mais elevados em ovinos do que em caprinos, sendo superiores aos valores achados por Jones et al (1984) (138,8 ppm) e por Marques (2010) (156,1 a 210,5 ppm). Já Tokarnia et al. (1988) encontrou valores que variaram de 181 a 380 ppm de ferro hepático. Estas concentrações mais elevadas no soro e fígado de ovinos podem estar associadas ao hábito alimentar desta espécie, que, segundo Leite (2002), são classificados como utilizadores de volumosos, preferindo mais dicotiledôneas herbáceas e gramíneas, ou seja, pastejam mais próximos ao solo. Ao passo que caprinos são classificados como selecionadores intermediários, adaptados a incluir em sua dieta grande variedade de plantas, com um comportamento oportunista e adaptativo ao que o meio ambiente oferece de acordo com a disponibilidade de forragem e a estação do ano, preferindo dicotiledôneas herbáceas e brotos e folhas de árvores e de arbustos (ARAÚJO FILHO et al., 1996; LEITE, 2002). Associado a teores de ferro disponíveis nos solos de referência de Pernambuco considerados de médio a alto (OLIVEIRA; NASCIMENTO, 2006), podemos sugerir que o hábito de ingerir vegetação mais rasteira predispõe a ingestão de solo com ferro, aumentando os teores deste elemento no organismo. Santos et al (2006) já aventou esta possibilidade, ao considerar que no período de seca as pastagens tornam-se mais escassas forçando os animais a pastarem mais rente ao solo, sendo este rico em ferro (8600 ppm), além de verificarem que por ser um solo arenoso recobria, em forma de poeira, as forragens disponíveis para os animais, forçando os animais a ingerirem altas quantidade de ferro.

Apesar de Santos et al. (2006) e Suttle (2010) inferirem a deficiência de cobre ao excesso de ferro, neste trabalho os teores médios de cobre não se encontram em quantidades deficientes, havendo uma baixa relação entre o ferro e o cobre hepático.

Quando avaliamos os teores hepáticos de molibdênio em ovinos, foi possível verificar que as fêmeas apresentaram valores médios significativamente superiores no período seco em relação ao período chuvoso,

fato que não ocorreu com os machos, fêmeas. Ao compararmos os sexos dentro de cada período, não houve diferença significativa entre machos e fêmeas de ovinos, assim como ao compararmos os ovinos em geral entre o período seco e o chuvoso.

Já ao analisar os resultados dos caprinos, tanto os machos como as fêmeas apresentaram valores médios significativamente superiores no período seco em relação ao período chuvoso, sem que houvesse diferença significativa entre os sexos em ambos os períodos. Ao compararmos os caprinos em geral, o período seco apresentou valores médios significativamente superiores aos do período chuvoso.

Quando comparamos os valores médios de molibdênio hepático obtidos por ovinos e caprinos, foi possível verificar que os ovinos mostraram valores médios significativamente superiores aos obtidos pelos caprinos tanto no período seco como no período chuvoso, conforme mostra a Tabela 11 e Gráficos 13 e 14.

Tabela 11 – Valores médios e desvios padrão do teor hepático de molibdênio (ppm) em pequenos ruminantes do território do Sertão do São Francisco.

	Período seco	Período chuvoso
Ovinos Machos	3,0±1,1	3,1±0,6
Ovinos Fêmeas	3,3±1,3 ^a	2,4±0,8 ^b
Caprinos Machos	2,7±1,1 ^a	0,8±0,5 ^b
Caprinos Fêmeas	2,4±0,9 ^a	0,9±0,8 ^b
Ovinos Total	3,2±1,2 ^A	2,7±0,8 ^A
Caprinos Total	2,5±1,0 ^{aB}	0,8±0,7 ^{bB}

Nota: Letras minúsculas distintas nas linhas indicam diferenças significativas entre os períodos ($p < 0,05$). Letras maiúsculas distintas nas colunas indicam diferenças significativas entre os grupos ($p < 0,05$).

Gráfico 13 – Valores médios do teor hepático de molibdênio (ppm) em pequenos ruminantes do território do Sertão do São Francisco, separados por sexo e período.

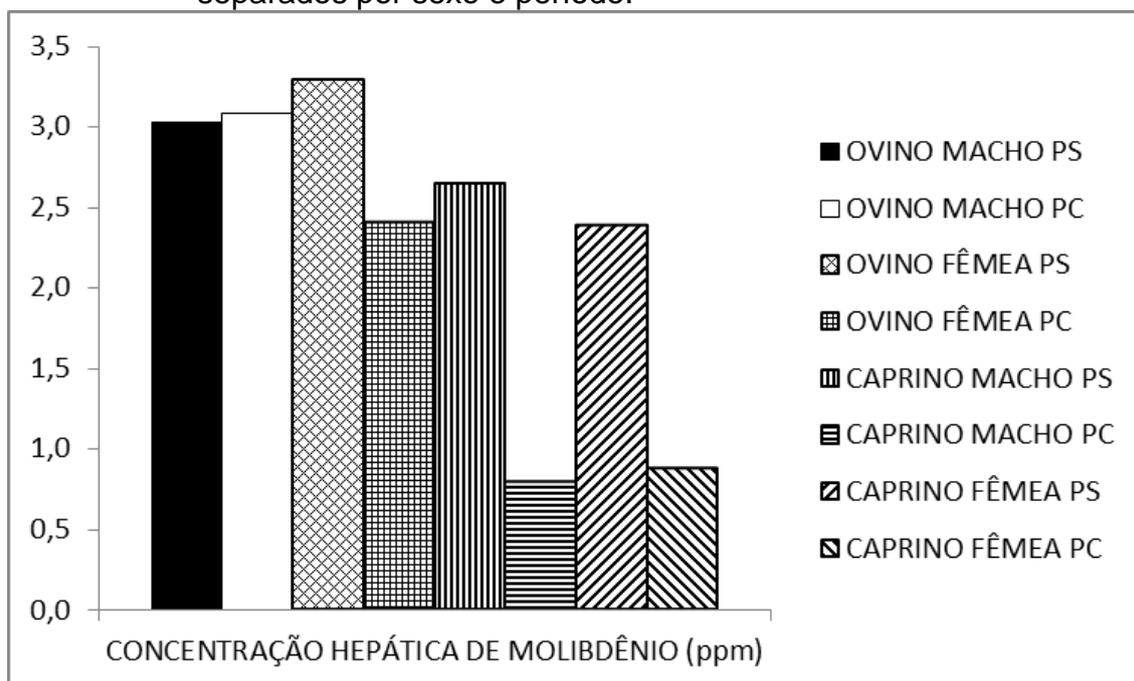
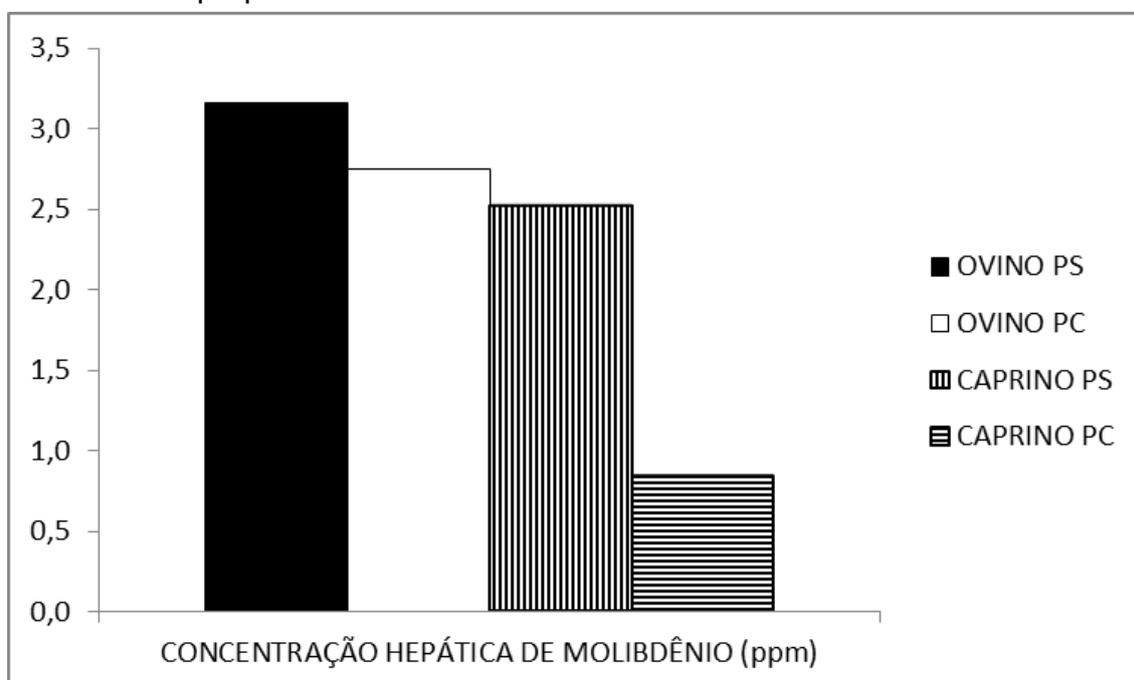


Gráfico 14 – Valores médios do teor hepático de molibdênio (ppm) em pequenos ruminantes do território do Sertão do São Francisco.



A concentração sérica de molibdênio mostrou resultados surpreendentes, considerando os valores extremamente baixos, se

considerarmos a literatura existente. Primeiramente Verificou-se que 71,25% dos animais apresentarem valores de molibdênio sérico inferiores a 0,05 $\mu\text{mol/L}$. Não foi possível determinar o teor exato de molibdênio nestas amostras, pois a curva de calibração do aparelho de espectrometria óptica por emissão de plasma não permitia determinação de valores inferiores. Estes valores foram muito inferiores aos encontrados por Van Ryssen e Stielau (1981), que encontraram valores médios de 0,63 $\mu\text{mol/L}$, Botha et al. (1995) que determinaram valores médios de 0,52 $\mu\text{mol/L}$, Pott et al. (1999) encontraram valor médio de molibdênio sérico de 0,10 $\mu\text{mol/L}$, Antonelli (2007) que encontrou valores séricos médios de 0,8 $\mu\text{mol/L}$, e Marques (2010) com valores que variaram de 0,28 a 0,32 $\mu\text{mol/L}$. Mesmo ao avaliar os valores séricos dos materiais que possibilitaram leitura pelo aparelho, estes foram extremamente baixos que variaram de 0,10 a 0,20 $\mu\text{mol/L}$, resultados compatíveis apenas com Pott et al. (1999).

Quanto aos teores hepáticos de molibdênio, Verificou-se que, exceto para os caprinos no período chuvoso (0,8 ppm), os valores médios obtidos variaram entre 2,4 e 3,3 ppm, que estão compatíveis com os resultados mostrados por diversos autores, apesar da grande variação dos resultados apresentados. Desde os valores de molibdênio hepático mais baixos encontrados na literatura por Allen e Gawthorne (1986) com 1,8 ppm até 5,88 ppm com Pott et al. (1999). Segundo Suttle (2010), os teores de molibdênio em solos arenosos, semelhante ao encontrado no local objeto deste estudo, apresentam teores extremamente baixos de molibdênio, o que reflete no teor deste microelemento na vegetação. Geralmente não há preocupação com a carência de molibdênio, pois não há relato de efeitos adversos decorrentes da hipomolibdenose (SUTTLE, 2010). Desta forma, sugere-se que estudos posteriores com este microelemento em animais sejam conduzidos concomitantemente com a determinação de seus teores no solo e alimentos para uma maior compreensão de seu status no organismo, apesar de que sua principal atuação seja de antagonismo em relação ao metabolismo de cobre. Este antagonismo é diretamente relacionado com a presença de enxofre na dieta, onde há a formação de tiomolibdatos no rúmen, interferindo na sua absorção, assim como na do cobre (SUTTLE, 2010). Estes valores muito baixos de molibdênio encontrados neste trabalho podem explicar os teores não

muito baixos de cobre, o que seria esperado em animais criados extensivamente na região de sertão.

Ao analisarmos os resultados referentes à atividade sérica da ceruloplasmina, foi possível verificar que tanto os ovinos como os caprinos, machos e fêmeas, apresentaram valores médios significativamente superiores no período chuvoso em relação ao período seco. Não houve diferença significativa entre machos e fêmeas de ambas as espécies tanto no período chuvoso como no período seco.

Quando comparamos os valores médios obtidos entre as espécies, foi determinado que os caprinos apresentaram valores superiores aos ovinos em geral durante o período chuvoso, sendo que durante o período seco não houve diferença significativa.

Tabela 12 – Valores médios e desvios padrão da atividade sérica da ceruloplasmina (UI/L) em pequenos ruminantes do território do Sertão do São Francisco.

	Período seco	Período chuvoso
Ovinos Machos	7,9±4,8 ^b	22,2±15,8 ^a
Ovinos Fêmeas	11,1±5,8 ^b	19,6±6,8 ^a
Caprinos Machos	10,3±6,5 ^b	28,7±9,3 ^a
Caprinos Fêmeas	5,8±4,4 ^b	28,9±11,6 ^a
Ovinos Total	9,5±5,5 ^b	20,9±12,0 ^{aB}
Caprinos Total	8,1±5,9 ^b	28,8±10,4 ^{aA}

Nota: Letras minúsculas distintas nas linhas indicam diferenças significativas entre os períodos ($p < 0,05$). Letras maiúsculas distintas nas colunas indicam diferenças significativas entre os grupos ($p < 0,05$).

Gráfico 15 – Valores médios da atividade sérica de ceruloplasmina (UI/L) em pequenos ruminantes do território do Sertão do São Francisco, separados por sexo e período.

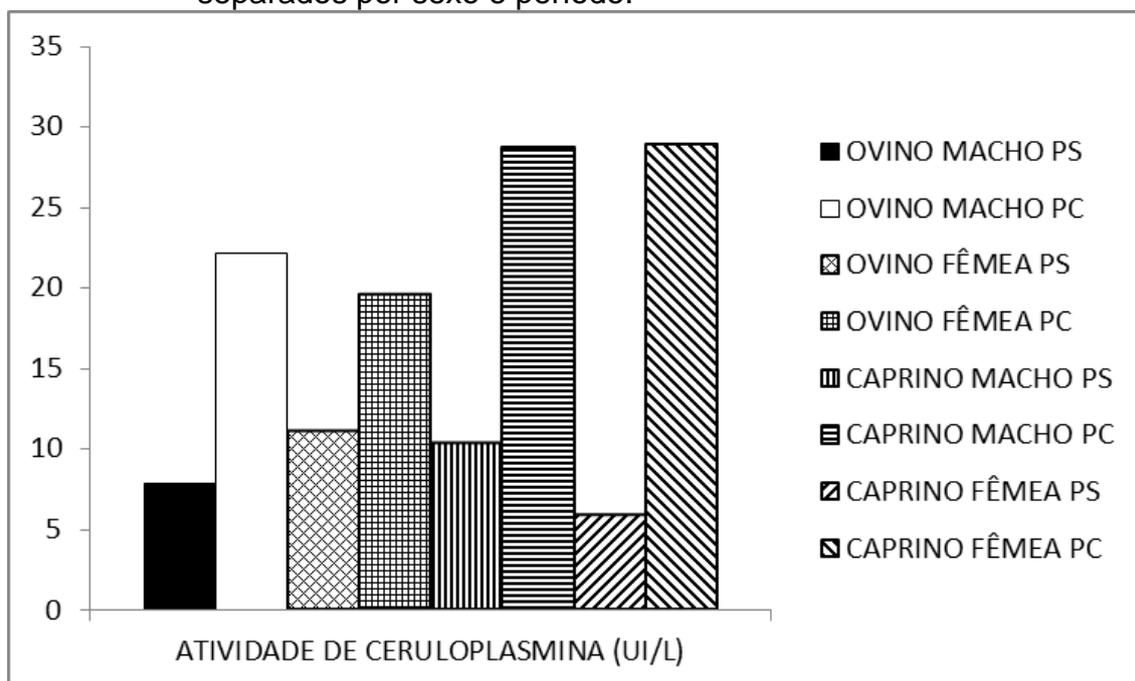
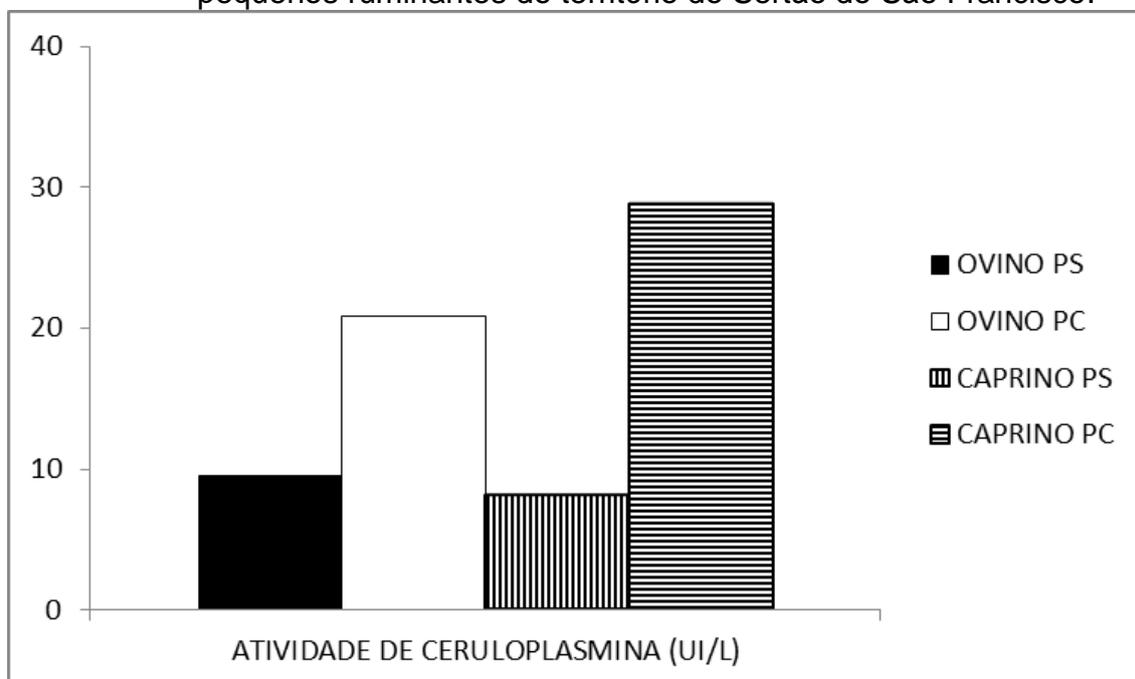


Gráfico 16 – Valores médios da atividade sérica de ceruloplasmina (UI/L) em pequenos ruminantes do território do Sertão do São Francisco.



Outro indicador da concentração sérica de cobre é a atividade da ceruloplasmina, que neste trabalho mostrou alta relação para caprinos e ovinos em ambos os períodos, conforme mostrado nos Gráficos 25 a 28. As dosagens

de ceruloplasmina podem ser realizadas de acordo com sua concentração sérica ou sua atividade oxidativa sérica. A atividade oxidativa sérica da ceruloplasmina está relacionada com a concentração sérica de cobre, isto é, baixa concentração desse elemento está associada à menor atividade de ceruloplasmina.

Os resultados da atividade sérica de GGT mostram que os ovinos machos apresentaram valores médios no período chuvoso superiores aos machos do período seco, assim como às fêmeas do período chuvoso. Não houve diferença significativa entre as fêmeas nos distintos períodos, assim como entre machos e fêmeas no período seco.

Quando avaliamos os valores médios da atividade desta enzima em caprinos, verificou-se que as fêmeas apresentaram diferença significativa, onde os animais do período chuvoso apresentaram valores médios superiores aos animais do período seco.

Mesmo padrão significativo foi observado nos caprinos em geral, onde os animais do período chuvoso apresentaram valores de atividade de GGT superiores aos do período seco. Já os ovinos em geral não mostraram diferença significativa entre os períodos, assim como quando comparamos ovinos e caprinos nos dois períodos.

Tabela 13 – Valores médios e desvios padrão da atividade sérica de GGT (UI/L) em pequenos ruminantes do território do Sertão do São Francisco.

	Período seco	Período chuvoso
Ovinos Machos	39,6±10,0 ^b	62,3±17,4 ^{aA}
Ovinos Fêmeas	43,3±10,8	32,7±17,7 ^B
Caprinos Machos	37,1±15,8	47,9±9,4
Caprinos Fêmeas	31,7±9,8 ^b	46,7±8,4 ^a
Ovinos Total	41,4±10,5	46,7±22,9
Caprinos Total	34,4±13,3 ^b	47,3±8,9 ^a

Nota: Letras minúsculas distintas nas linhas indicam diferenças significativas entre os períodos ($p < 0,05$). Letras maiúsculas distintas nas colunas indicam diferenças significativas entre os grupos ($p < 0,05$).

Gráfico 17 – Valores médios da atividade sérica de GGT (UI/L) em pequenos ruminantes do território do Sertão do São Francisco, separados por sexo e período.

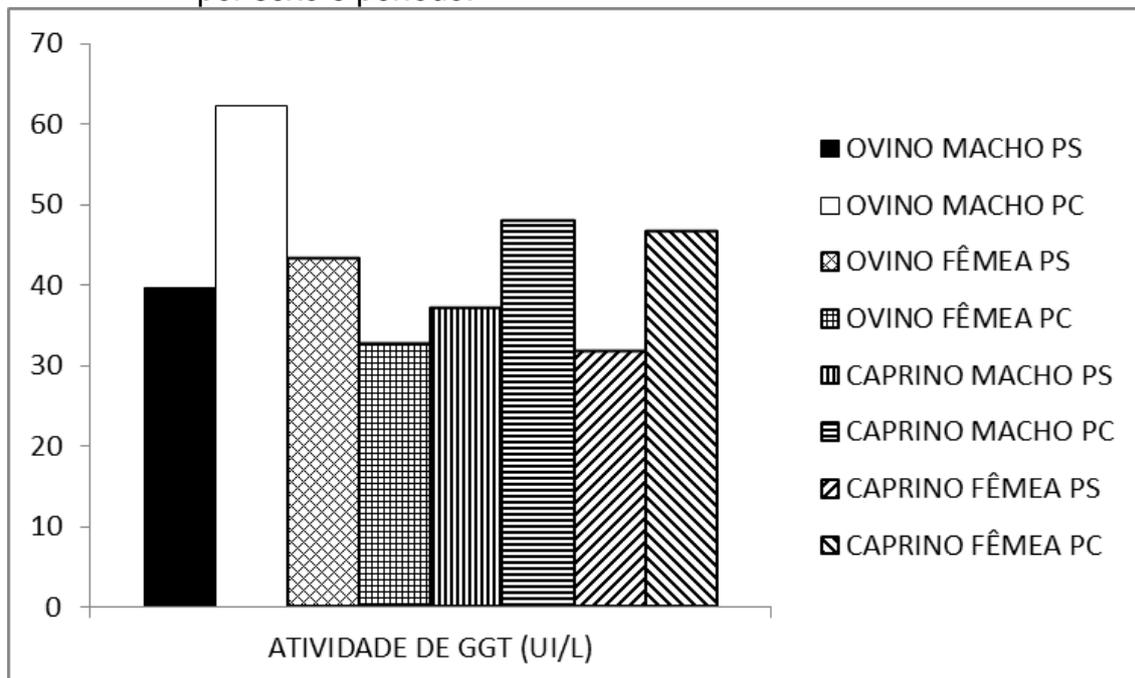
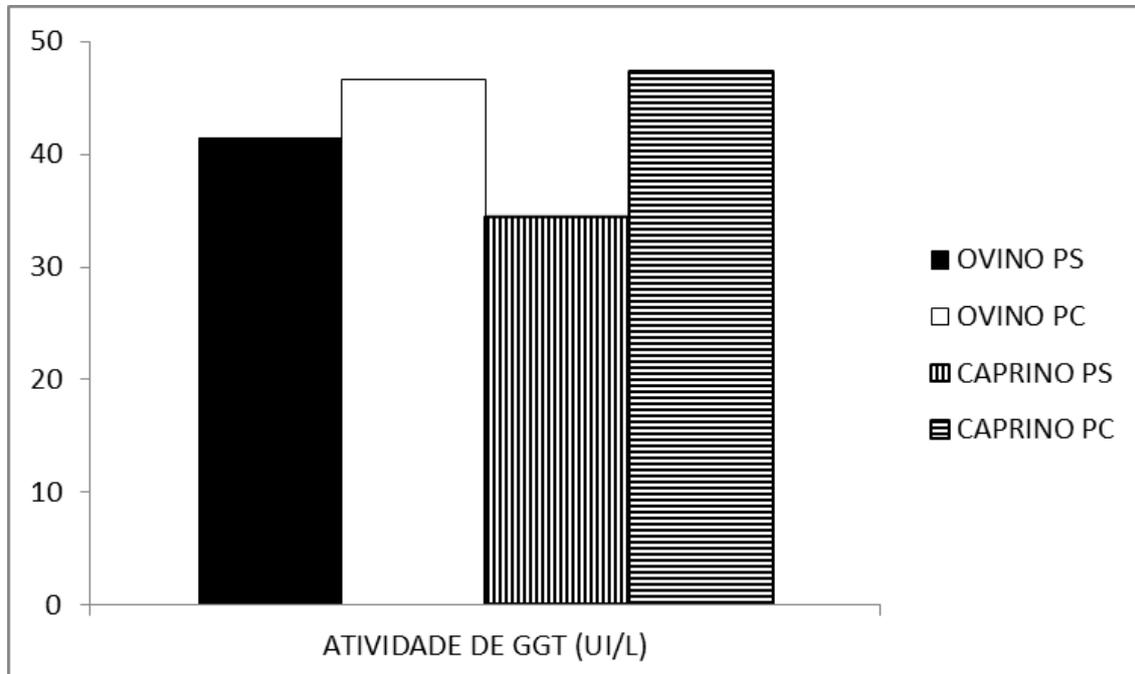


Gráfico 18 – Valores médios da atividade sérica de GGT (UI/L) em pequenos ruminantes do território do Sertão do São Francisco.



Os resultados da atividade sérica de AST em ovinos mostram que as fêmeas no período seco apresentaram valores medianos superiores às fêmeas do período chuvoso. Os machos no período chuvoso apresentaram valores

medianos de atividade de AST superiores às fêmeas no mesmo período. Não houve diferença significativa entre os machos, tampouco entre os sexos no período seco.

Quando avaliamos os valores medianos da atividade desta enzima em caprinos, Verificou-se que apenas os machos apresentaram diferença significativa, onde os animais do período chuvoso apresentaram valores medianos superiores aos animais do período seco. Não houve diferença entre as fêmeas, assim como não houve diferença significativa entre machos e fêmeas em ambos os períodos.

Quando avaliamos os valores obtidos por ovinos e caprinos agrupando machos e fêmeas, Verificou-se que os caprinos do período chuvoso apresentaram valores de mediana superiores aos caprinos do período seco, assim como valores superiores aos ovinos do período chuvoso, como pode ser demonstrado na Tabela 14 e Gráficos 19 e 20.

Tabela 14 – Medianas, P₂₅ e P₇₅ da atividade sérica de AST (UI/L) em pequenos ruminantes do território do Sertão do São Francisco.

	Período seco	Período chuvoso
Ovinos Machos	103,1 (85,4 – 131,3)	126,4 (103,8 – 172,0) ^A
Ovinos Fêmeas	108,4 (92,1 – 127,9) ^a	74,1 (42,5 – 93,5) ^{bB}
Caprinos Machos	73,5 (69,5 – 85,1) ^b	116,7 (99,9 – 153,8) ^a
Caprinos Fêmeas	105,1 (71,4 – 155,7)	136,0 (115,4 – 149,3)
Ovinos Total	107,6 (87,2 – 130,7)	96,3 (72,6 – 144,3) ^B
Caprinos Total	83,0 (69,2 – 135,9) ^b	131,6 (107,1 – 151,7) ^{aA}

Nota: Letras minúsculas distintas nas linhas indicam diferenças significativas entre os períodos ($p < 0,05$). Letras maiúsculas distintas nas colunas indicam diferenças significativas entre os grupos ($p < 0,05$).

Gráfico 19 – Medianas da atividade sérica de AST (UI/L) em pequenos ruminantes do território do Sertão do São Francisco, separados por sexo e período.

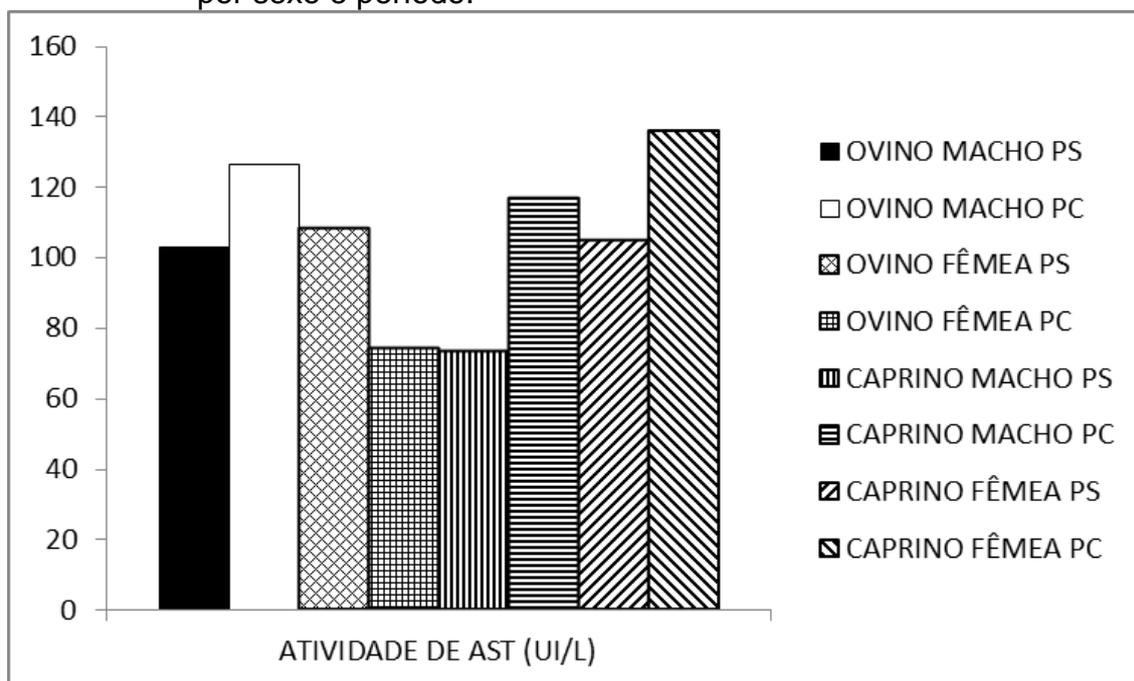
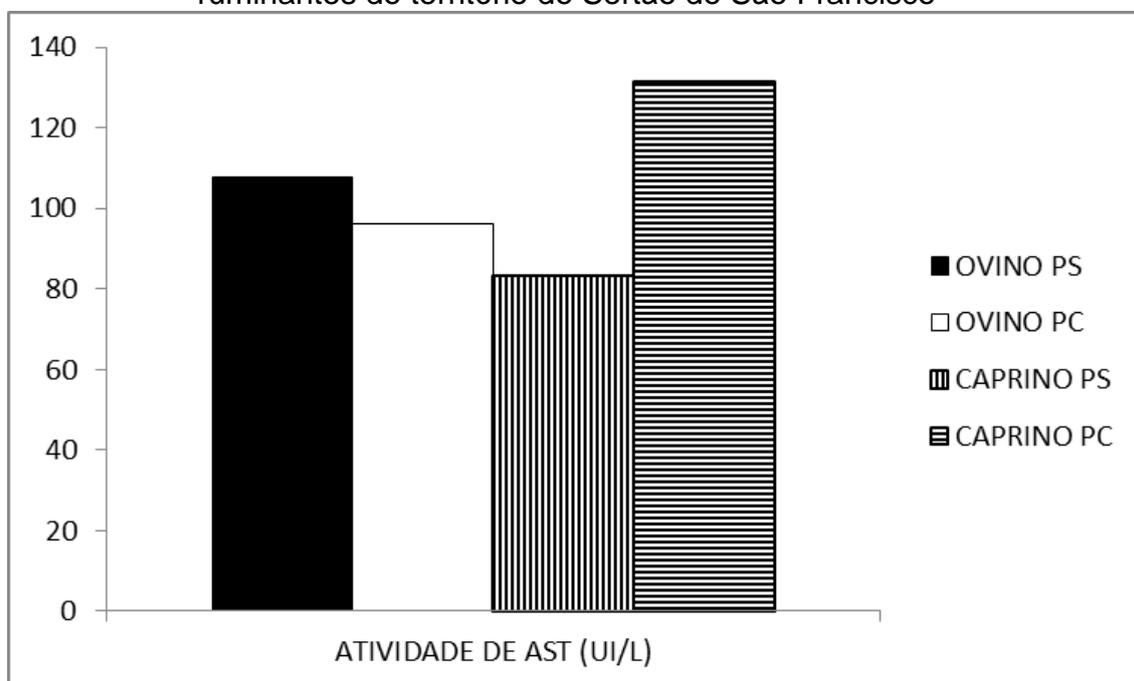


Gráfico 20 – Valores médios da atividade sérica de AST (UI/L) em pequenos ruminantes do território do Sertão do São Francisco



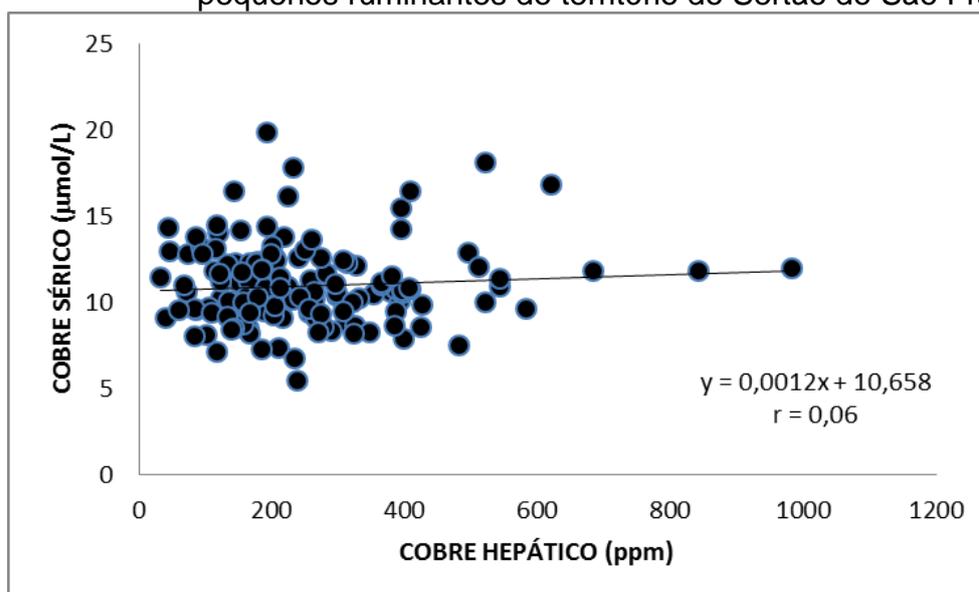
Os dados obtidos para GGT e AST, diferentemente de trabalhos relacionados com intoxicação cúprica, não são bons parâmetros para estimar o

acúmulo deste elemento no fígado. Antonelli (2007) mostrou que a atividade de GGT possui 90% de sensibilidade e 100% de especificidade para estimar teores de cobre hepático acima de 1000 ppm, enquanto que a atividade de AST apresenta 73% de sensibilidade e 100% de especificidade. Este fato pode ser confirmado pela baixa relação entre o teor hepático de cobre e a atividade destas enzimas. Desta forma, outros indicadores devem ser pesquisados como ferramentas para estimar o acúmulo de cobre em animais com teores normais ou carência de cobre.

A análise da relação entre o cobre sérico e o cobre hepático evidenciou uma baixa relação positiva ($r = 0,06$), e está expressa pela equação:

$$y = 0,0012x + 10,658$$

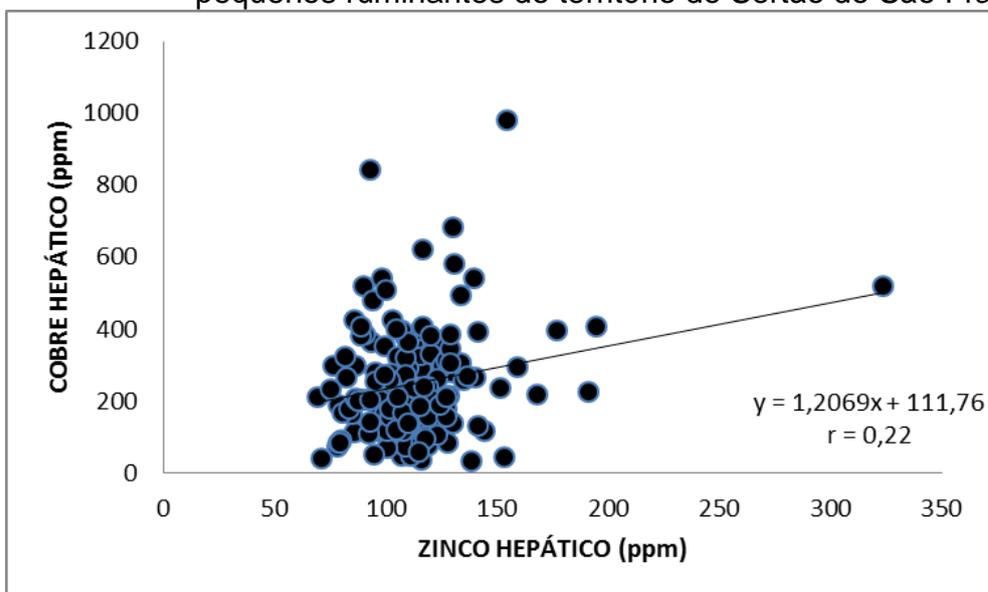
Gráfico 21 – Relação do cobre sérico ($\mu\text{mol/L}$) com o cobre hepático (ppm) em pequenos ruminantes do território do Sertão do São Francisco.



A análise da relação entre o cobre hepático e o zinco hepático evidenciou uma baixa relação positiva ($r = 0,22$), e está expressa pela equação:

$$y = 1,2069x + 111,76$$

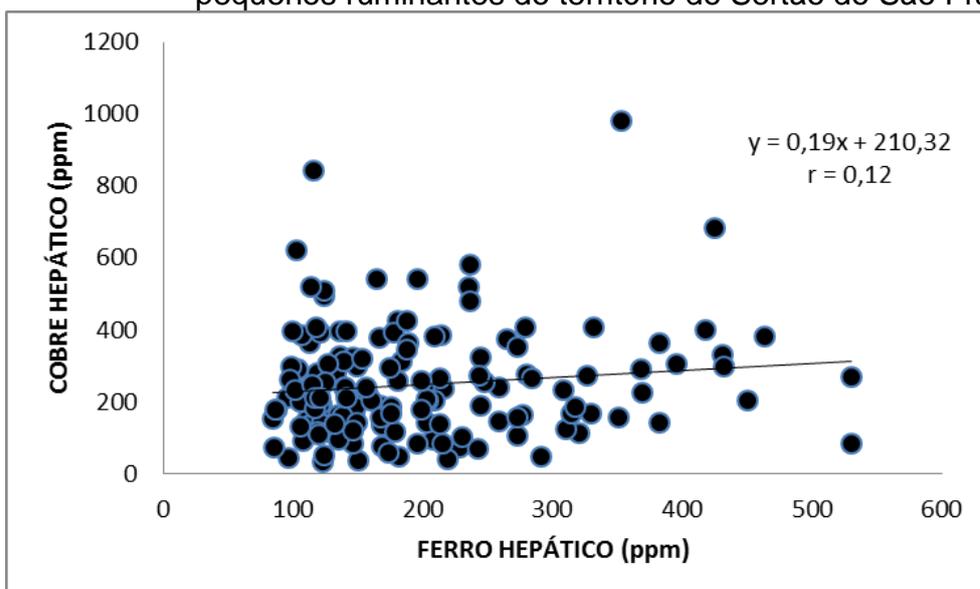
Gráfico 22 – Relação do cobre hepático (ppm) com o zinco hepático (ppm) em pequenos ruminantes do território do Sertão do São Francisco.



A análise da relação entre o cobre hepático e o ferro hepático evidenciou uma baixa relação positiva ($r = 0,12$), e está expressa pela equação:

$$y = 0,19x + 210,32$$

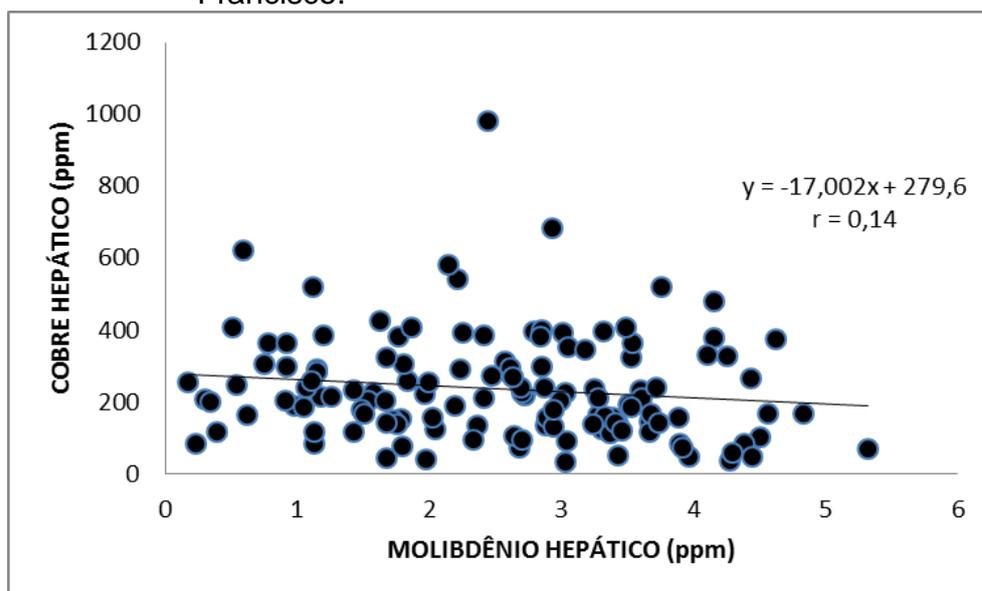
Gráfico 23 – Relação do cobre hepático (ppm) com o ferro hepático (ppm) em pequenos ruminantes do território do Sertão do São Francisco.



A análise da relação entre o cobre hepático e molibdênio hepático evidenciou uma baixa relação negativa ($r = 0,14$), e está expressa pela equação:

$$y = -17,002x + 279,6$$

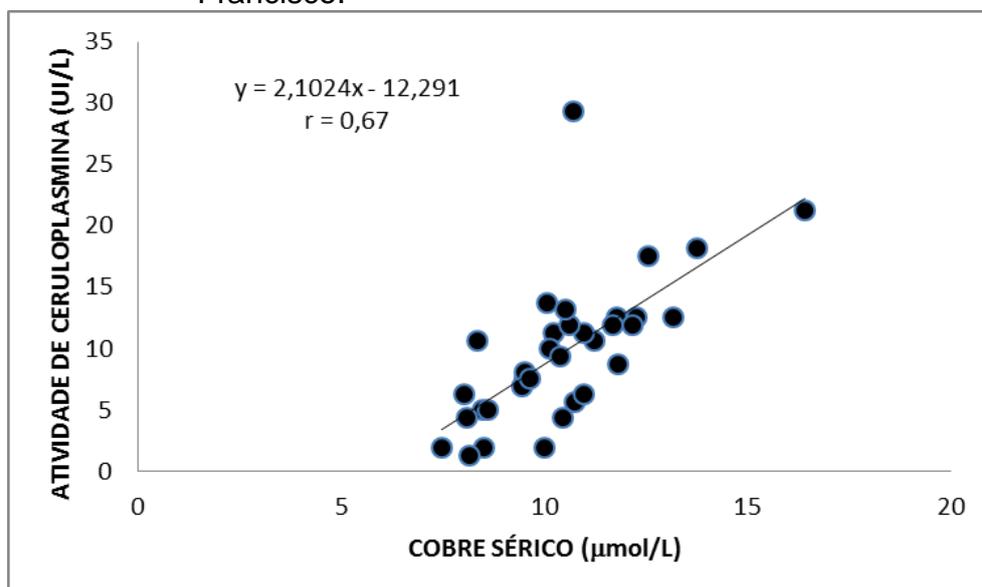
Gráfico 24 – Relação do cobre hepático (ppm) com o molibdênio hepático (ppm) em pequenos ruminantes do território do Sertão do São Francisco.



A análise da relação entre a atividade de ceruloplasmina e o cobre sérico em ovinos no período seco evidenciou uma alta relação positiva ($r = 0,67$), e está expressa pela equação:

$$y = 2,1024x - 12,291$$

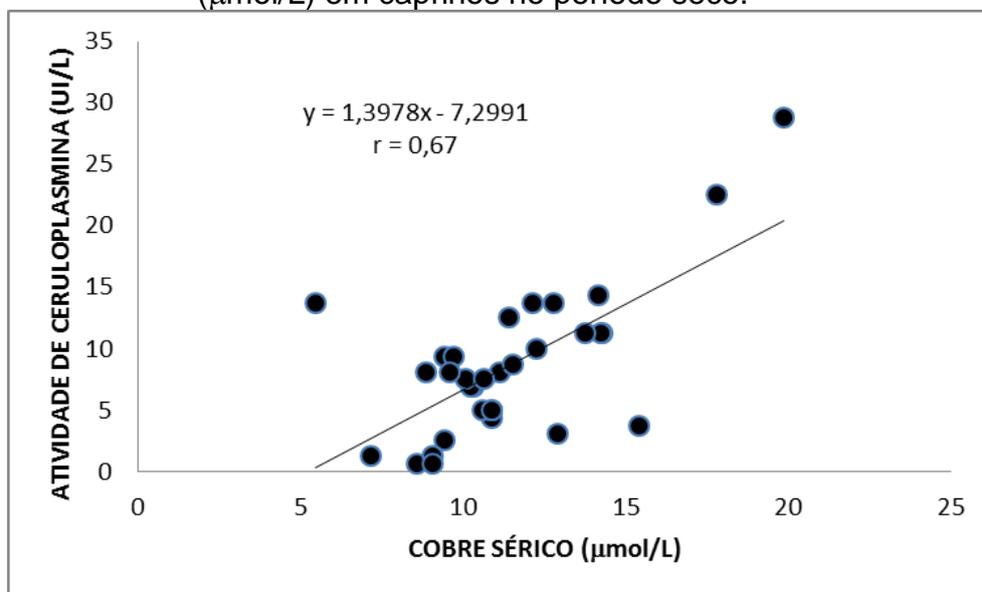
Gráfico 25 – Relação da atividade de ceruloplasmina (UI/L) com o cobre sérico ($\mu\text{mol/L}$) em ovinos no período seco do território do Sertão do São Francisco.



A análise da relação entre a atividade de ceruloplasmina e o cobre sérico em caprinos no período seco evidenciou uma alta relação positiva ($r = 0,67$), e está expressa pela equação:

$$y = 1,3978x - 7,2991$$

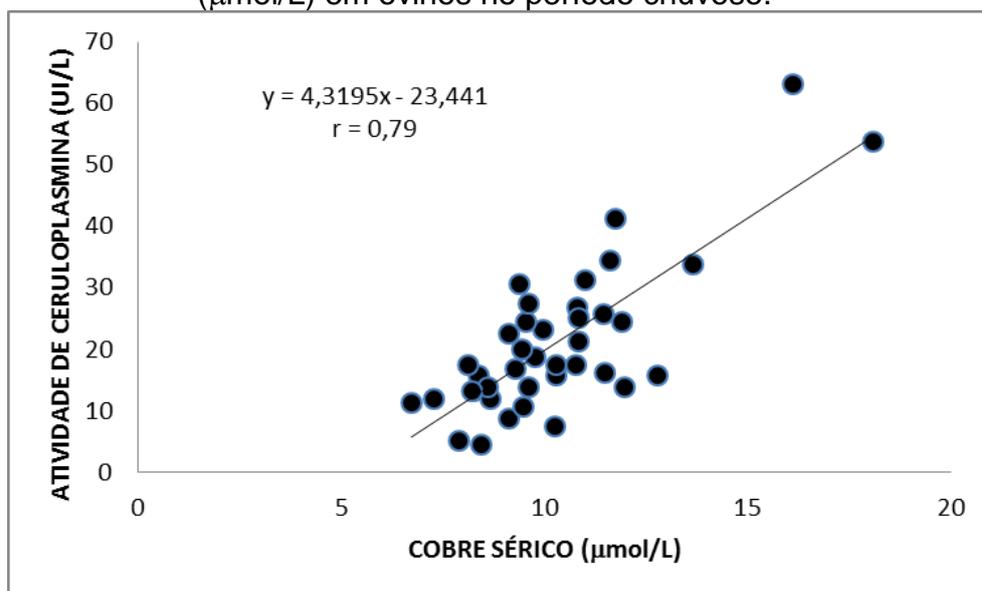
Gráfico 26 – Relação da atividade de ceruloplasmina (UI/L) com o cobre sérico ($\mu\text{mol/L}$) em caprinos no período seco.



A análise da relação entre a atividade de ceruloplasmina e o cobre sérico em ovinos no período chuvoso evidenciou uma alta relação positiva ($r = 0,79$), e está expressa pela equação:

$$y = 4,3195x - 23,441$$

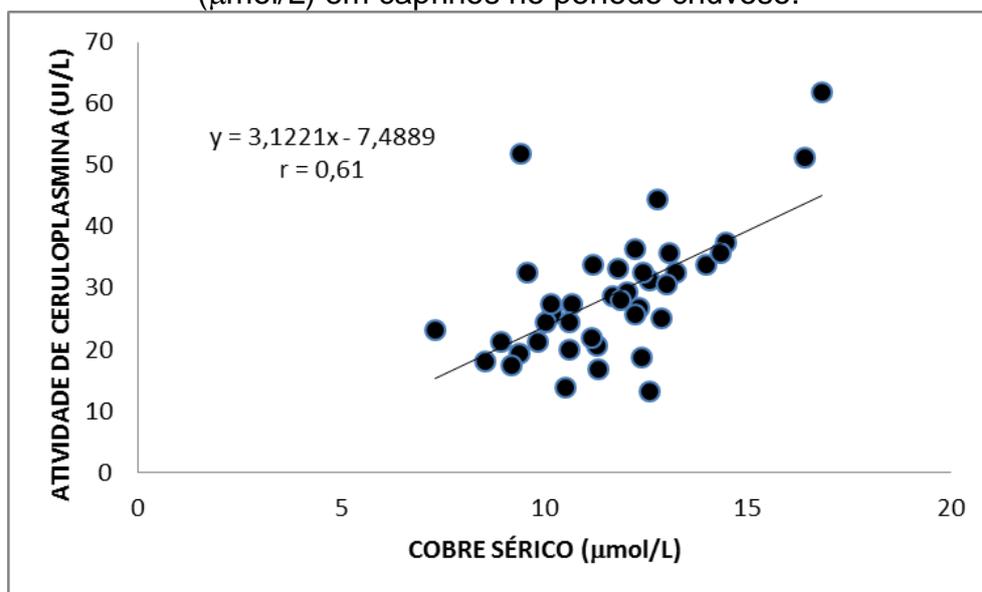
Gráfico 27 – Relação da atividade de ceruloplasmina (UI/L) com o cobre sérico ($\mu\text{mol/L}$) em ovinos no período chuvoso.



A análise da relação entre a atividade de ceruloplasmina e o cobre sérico em caprinos no período chuvoso evidenciou uma alta relação positiva ($r = 0,61$), e está expressa pela equação:

$$y = 0,0102x + 14,644$$

Gráfico 28 – Relação da atividade de ceruloplasmina (UI/L) com o cobre sérico ($\mu\text{mol/L}$) em caprinos no período chuvoso.

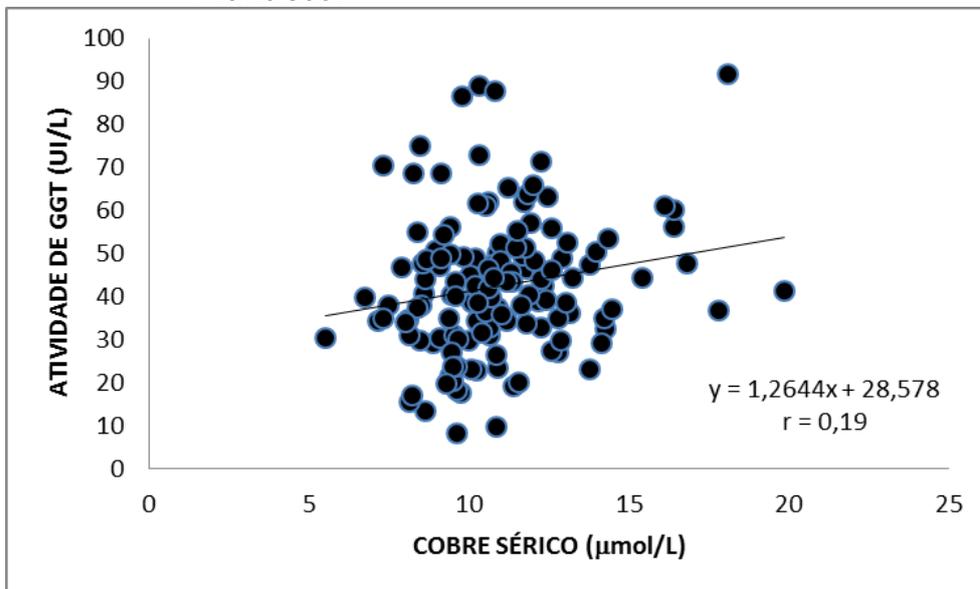


Blakley e Hamilton (1985) verificaram que a correlação entre a atividade sérica da ceruloplasmina e a concentração sérica de cobre foi de 0,83 em bovinos e de 0,92 em ovinos, e concluíram que ela pode ser utilizada como indicador do estado orgânico de cobre nestas espécies. Este estudo corrobora com o de Paynter (1982), que afirma que a atividade da ceruloplasmina foi um bom indicador para concentração de cobre no soro e no fígado, registrando valores de 23,2 a 60,7 UI/L. Enquanto que Kincaid (1986) afirmou que a correlação entre a ceruloplasmina sérica e o cobre hepático é baixa, ao redor de 0,35. Já em outro estudo, a concentração sérica de ceruloplasmina não mostrou correlação significativa com a concentração plasmática de cobre (QUIROZ-ROCHA et al., 2003). Como a atividade de ceruloplasmina decresce com a queda nos teores de cobre, casos de deficiência obtêm valores de relação mais elevados. Neste trabalho não mostrou uma relação tão alta como Blakley e Hamilton (1985), talvez pelo fato da carência de cobre não ser pronunciada.

A análise da relação entre a atividade de GGT e o cobre sérico evidenciou uma baixa relação positiva ($r = 0,19$), expressada pela equação:

$$y = 1,2644x + 28,578$$

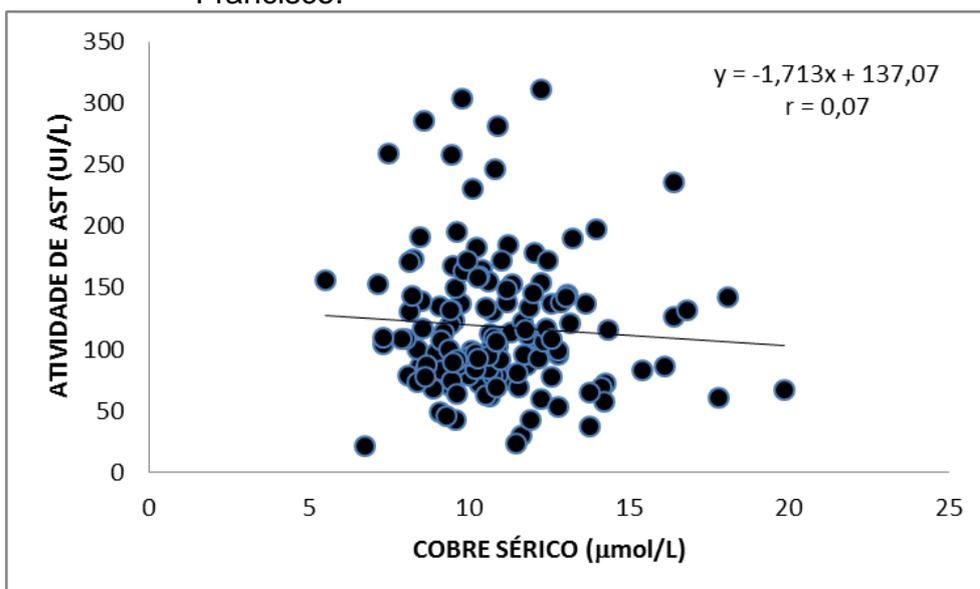
Gráfico 29 – Relação da atividade de GGT (UI/L) com o cobre sérico ($\mu\text{mol/L}$) em pequenos ruminantes do território do Sertão do São Francisco.



A análise da relação entre a atividade de AST e o cobre sérico evidenciou uma baixa relação negativa ($r = 0,07$), expressada pela equação:

$$y = -1,713x + 137,07$$

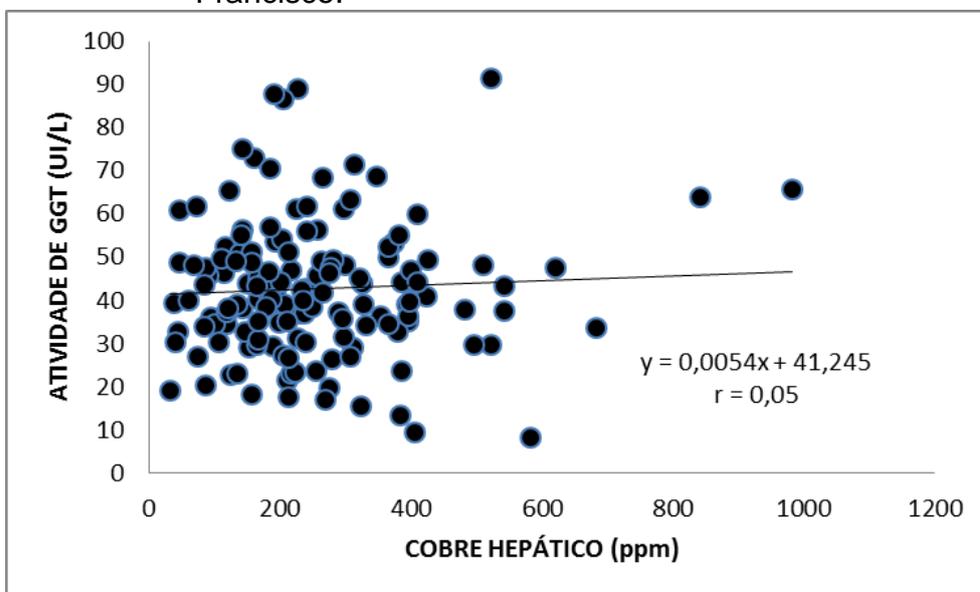
Gráfico 30 – Relação da atividade de AST (UI/L) com o cobre sérico ($\mu\text{mol/L}$) em pequenos ruminantes do território do Sertão do São Francisco.



A análise da relação entre a atividade de GGT e o cobre hepático evidenciou uma baixa relação positiva ($r = 0,05$), expressada pela equação:

$$y = 0,0054x + 41,245$$

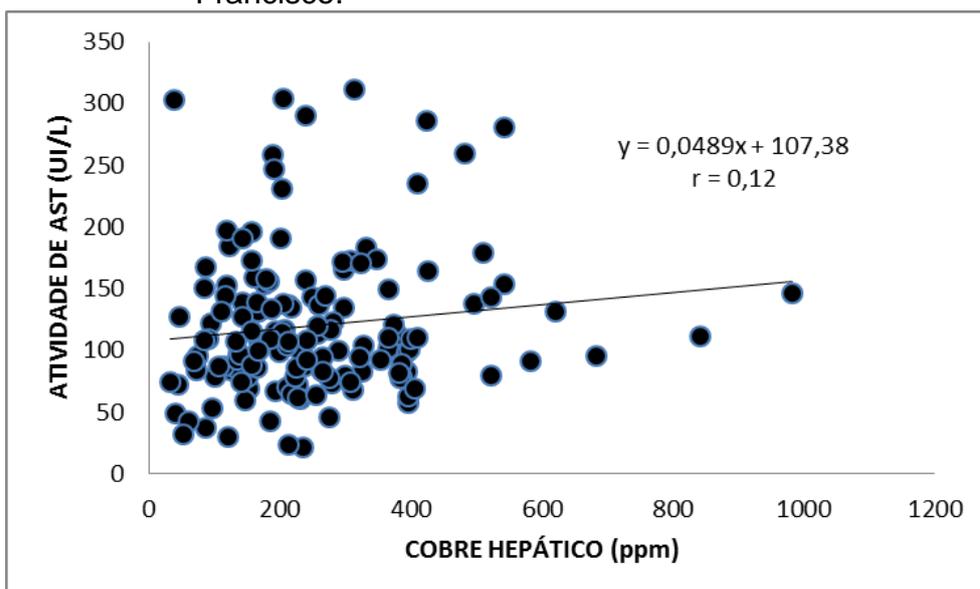
Gráfico 31 – Relação da atividade de GGT (UI/L) com o cobre hepático ($\mu\text{mol/L}$) em pequenos ruminantes do território do Sertão do São Francisco.



A análise da relação entre a atividade de AST e o cobre hepático evidenciou uma baixa relação positiva ($r = 0,12$), expressada pela equação:

$$y = 0,0489x + 107,38$$

Gráfico 32 – Relação da atividade de AST (UI/L) com o cobre hepático ($\mu\text{mol/L}$) em pequenos ruminantes do território do Sertão do São Francisco.



Sem a avaliação da presença destes microelementos no solo e pastagens, não é possível com certeza afirmar a origem de valores baixos ou elevados de nenhum microelemento, necessitando de maiores estudos para explicar os resultados encontrados. Mesmo assim, é fundamental a análise de teores séricos (pool homeostático) e teores hepáticos (estoque) de microelementos em animais, pois pouca importância é dada a alguns elementos, como o ferro em sua capacidade de interferir no metabolismo do cobre em animais criados extensivamente (HUMPHRIES et al., 1983). Desta forma, estes estudos devem ser feitos conjuntamente para possibilitar uma visão global do metabolismo do cobre juntamente com a ação de seus antagonistas (TOKARNIA et al., 1999).

Este trabalho, juntamente com o desenvolvido por Marques (2010), traz mais subsídios para o entendimento do status destes minerais no sertão de Pernambuco, possibilitando traçar estratégias adequadas de suplementação mineral e aprimorar a produtividade nesta região do estado, onde o sistema de criação extensiva predomina entre os criadores.

7 CONCLUSÕES

Considerando os teores médios obtidos para cobre, caprinos e ovinos criados no Território do Sertão do São Francisco não apresentam carência de cobre primária ou secundária;

Os ovinos apresentam teores de ferro muito elevados, sugerindo maior ingestão deste elemento devido ao hábito alimentar da espécie;

A atividade de ceruloplasmina foi um bom indicador do status de cobre sérico marginal em pequenos ruminantes.

REFERÊNCIAS

AGUILERA, J. F.; PRIETO, C.; FONOLLÁ, J. Protein and energy metabolism of lactating Granadina goats. **British Journal of Nutrition**, v. 63, p. 165-175, 1990.

ALLEN, J. D.; GAWTHORNE, J. M. Involvement of the solid phase rumen digesta in the interactions between copper, molybdenum and sulphur in sheep. **British Journal of Nutrition**, v. 58, p. 265-276, 1987.

AMORIM, Sara Lucena et al. Distrofia muscular nutricional em ovinos na Paraíba. **Pesq. Vet. Bras.** [online]. 2005, vol.25, n.2, pp. 120-124. ISSN 0100-736X.

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.

ASHMEAD, H. D. Comparative intestinal absorption and sub-sequent metabolism of metal amino acid chelates and inorganic salts. In: ASHMEAD, H. D. **The Roles of Amino Acid Chelates in Animal Nutrition**. New Jersey: Noyes, 1993. P. 47-75.

BARONI, G; FONTEQUE, J, H; PAES, P. R. O; TAKAHIRA, R, K; KOHAYAGAWA, K; LOPES, R. S; LOPES, S. T. A; CROCCI, A. J. Valores séricos de cálcio, fósforo, sódio, potássio e proteínas totais em caprinos fêmeas da raça Parda Alpina. **Ciência Rural**, v. 31, n.3, p. 435-438. 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.

BLAKLEY, B. R.; HAMILTON, D. L. Ceruloplasmin as an indicator of copper status in cattle and sheep. **Canadian Journal of Comparative Medicine**, v.49, p. 405-408, 1985.

BLOOD D. C. Manual de Medicina Veterinária. 1st 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.

BOTHA, C. J.; GESWAN, G. E.; MINNAAR, P. P. Pharmacokinetics of ammonium tetrathiomolybdate following intravenous administration in sheep. **Journal of the South African Veterinary Association**, v. 66, n. 1, p. 6-10, 1995.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento – MAPA. **Levantamento de Reconhecimento de Baixa e Média Intensidade dos Solos do Estado de Pernambuco**, Brasília, 2000.

BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Produção da Pecuária Municipal**. Brasília, 2010.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Agrário. Secretária de Desenvolvimento Territorial. **Relatório de Gestão**. Brasília, 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.

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.

CAVALHEIRO A. C. L.; TRINDADE D. S. Os Minerais para Bovinos e Ovinos Criados em Pastejo. Porto Alegre: **Sagra-DC Luzzatto**, 1992. 142 p.

CHAGAS A. C. S.; OLIVEIRA M. C. S.; FERNANDES L. B.; MACHADO R.; ESTEVES S. N.; SALES R. L.; BARIONI JUNIOR W. Controle da verminose, mineralização, reprodução e cruzamentos de ovinos na Embrapa Pecuária Sudeste. **Documentos 65**. São Carlos: Embrapa, 2007. 44 p.

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.

DAYRELL, M. S. Efeito da deficiência de alguns minerais na reprodução de bovinos. **Documentos 50**. Coronel Pacheco: Embrapa, 1991, 18 p.

EMBRAPA. **Precipitação pluviométrica mensal (mm) da Estação Agrometeorológica de Bebedouro (Petrolina-PE 09°09'S 40°22'W)**. Período 1975-2013. Petrolina, 2013. Disponível em: <<http://www.cpatas.embrapa.br:8080/servicos/dadosmet/ceb-chuva.html>>. Acesso em: 15 maio 2013.

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.

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

GENGELBACH G. P.; WARD J. D.; SPEARS J. W. Effect of dietary copper, iron, and molybdenum on growth and copper status of beef cows and calves. **Journal of Animal Science**, v. 72, n. 10, p. 2722-2727, 1994.

GONZÁLEZ, H. D.; BARCELLOS, J.; PATINÕ, H. O.; RIBEIRO, L. A. **Perfil metabólico em ruminantes: seu uso em nutrição e doenças nutricionais**. Porto Alegre: UFRGS, 2000.

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

GUEDES, K. M. R.; RIET-CORREA, F.; DANTAS, A. F.; SIMÕES, S. V. D.; MIRANDA NETO, E. G.; NOBRE, V. M. T.; MEDEIROS, R. M. T. Doenças do sistema nervoso central em caprinos e ovinos no semi-árido. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 27, n. 1, p. 29-38, 2007.

HERRICK, J. B. Minerals in animal health. In: ASHMEAD, H. D. **The roles of aminoacid chelates in animal nutrition**. New Jersey: Noyes Publication, 1993. p. 3-2.

HOWELL, J. M.; GOONERATNE, S. R. The pathology of copper toxicity in animals. **Copper in animals and man**. CRC Press, v. 2, p. 53-78, 1987.

HUMPHRIES, W. R. The influence of dietary iron and molybdenum on copper metabolism in calves. **British Journal of Nutrition**, v. 49, p. 77-86, 1983.
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**. 5th ed. San Diego: Academic Press, 1997. 932 p.

KEGLEY, E. B., SPEARS, J. W. Biovariability of feed-grade copper sources (oxide, sulfate, or lysine) in growing cattle. **Journal of Animal Science**, v. 72, p. 2728-2734, 1994.

KINCAID, R.; GAY, C. C.; KRIEGER, R. I. Relationship of serum and plasma copper and ceruloplasmin concentrations of cattle and the effects of whole blood sample storage. **American Journal of Veterinary Research**, v. 47, p. 1157-1159, 1986.

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.

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 epizoótico no Estado de São Paulo. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 16, n. 4, p. 91-97, 1996.

LITTLE, T. M.; HILLS, F. J. **Agricultural experimentation: design and analysis**. New York: John Wiley, 1978. 350 p.

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.; HERNÁNDEZ, 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.

LÓPEZ-ALONSO, M.; CRESPO, A.; MIRANDA, M.; CASTILLO, C.; HERNÁNDEZ, J.; BENEDITO, J. L. Assessment of some blood parameters as potential markers of hepatic copper accumulation in cattle. **Journal of Veterinary Diagnostic Investigation**, v. 18, n. 1, p. 71-75, 2006.

MACHADO, C. H. **Uso de tetratiomolibdato no tratamento de intoxicação cúprica experimental, em ovinos**: avaliações clínica e toxicológica, 1998. 138 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

MARANHÃO, R. L. A. **Dinâmica da produção de ovinos no Brasil durante o período de 1976 a 2010**, 2013. 42 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Ciências Humanas, Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

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. V. S. **Teores de cobre e seus principais antagonistas em fígado e sangue de ovinos e caprinos criados no estado de Pernambuco**, 2010. 66 f. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Medicina Veterinária, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2010.

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.

MASSAD, E.; MENEZES, R. X.; SILVEIRA, P. S. P.; ORTEGA, N. R. S. **Métodos quantitativos em medicina**. Barueri: Manole, 2004. 561 p.

MAXIE, M. G. **Jubb, Kennedy and Palmer's Pathology of Domestic Animals**. 5. ed. St. Louis: Elsevier, 2007. 2340 p.

MAYNARD, L. A. **Nutrição animal**. 3 ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1984. p. 260-280.

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

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

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

MESCHY, F. **Recent progress in the assessment of mineral requirements of goats**. *Livestock Production Science*, v.64, p.9-14, 2000.

MILES, P. H.; WILKINSON, N. S.; McDOWELL, L. R. **Analysis of Minerals for Animal Nutrition Research**. 3. ed. Florida: University Press, 2001. 117 p.

MILLS, C. F. Biochemical and physiological indicators of mineral status in animals: copper, cobalt and zinc. **Journal Animal Science**, v. 65, n. 6, p. 1702-1711, 1987.

MINERVINO, A. H. H. **Estudo comparativo da susceptibilidade de bovinos e bufalinos à intoxicação cúprica acumulativa**. 2007. 99 p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

MINITAB. **The student edition of MINITAB statistical software adapted for education**: 13.0 release; user's manual. New York: Wesley, 2000. 624 p.

MONDAL M. K.; BISWAS P. Different Sources and Levels of Copper Supplementation on Performance and Nutrient Utilization of Castrated Black Bengal (*Capra hircus*) Kids Diet. **Asian Australasian Journal of Animal Science**, v. 20, n. 7, p. 1067-1075, 2007.

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.

MORAIS, M. G., RANGEL, J. M., MADUREIRA, J. S., SILVEIRA, A. C. Variação sazonal da bioquímica clínica de vacas aneladas sob pastejo contínuo de *Brachiaria decumbens*. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 52, n. 2, p. 98-104, 2000.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. COMMITTEE ON THE NUTRIENT REQUIREMENTS OF SMALL RUMINANTS. **Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids**. Washington, D.C.: National Academy Press, 2007. 384 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.

OLIVEIRA, A. B.; NASCIMENTO, W. A. Formas de manganês e ferro em solos de referência de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, n. 1, p. 99-110, 2006.

OREGUI, L. M.; BRAVO, M. V. El cobre, funciones y necesidades. In: OREGUI L. M. **Patología relacionada com el cobre: Deficiencias e intoxicaciones**. 1. ed. Madrid: Luzans Ediciones, 1993. P. 9-22.

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.

ORTOLANI, E. L. Intoxicação cúprica acumulativa em ovinos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BUIATRIA, 5, 2003, Salvador. **Livro de Resumos e Palestras**. Salvador: Venture, 2003. P. 113-114.

PAYNTER, D. I. Differences between serum and plasma ceruloplasmin activities and copper concentrations: investigation of possible contributing factors. **Australian Journal of Biological Science**, v. 35, p 353-361, 1982.

PEIXOTO, P. V.; MALAFAIA, P.; BARBOSA, J. D.; TOKARNIA, C. H. Princípios de suplementação mineral em ruminantes. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 25, n. 3, p. 195-200, 2005.

PEDREIRA, M. S.; BERCHIELLI, T. T. Minerais. In: BERCHIELLI, T. T.; et al. **Nutrição de Ruminantes**. Jaboticabal: FUNEP, 583p, 2006.

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. OCHOA, L. N.; FERREYRA, C. S.; MATA, D. A. C. Comparison of serum ceruloplasmin and copper with liver copper as indicators of body copper status in discarded cows. **Veterinaria México**, v. 34, n. 2, p. 143-148, 2003.

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.

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. (rev.). São Paulo: Varela, 2006. V. 2, 574 p.

SAMPAIO, I. B. M. **Estatística aplicada à experimentação animal**. Belo Horizonte: Fundação de Ensino e Pesquisa em Medicina Veterinária e Zootecnia, 1998. 221 p.

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.

- SCHOSINSKY, K. H.; LEHMANN, H. P.; BEELER, M. F. Measurement of ceruloplasmin from its oxidase activity in serum by use of dianisidine dihydrochloride. **Clinical Chemistry**, v. 20, n. 12, p. 1556-1563, 1974.
- SIEGEL, S. **Estatística não paramétrica**. São Paulo: McGraw-Hill, 1975. 350 p.
- SILVA, N. V. S.; 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.
- SKINNER, J. G. International standardization of acute phase proteins. Special Report. **Veterinary Clinical Pathology**, v. 30, n. 1, p. 2-7, 2001.
- SNEDCOR, G. W.; COCHRAN, W. G. **Statistical methods**. 6. ed. Ames: Iowa State University Press, 1967. 593 p.
- SOLAIMAN S. G.; SHOEMAKER C. E.; JONES W. R.; KERTH C. R. The effects of high levels of supplemental copper on the serum lipid profile, carcass traits, and carcass composition of goat kids. **Journal of Animal Science**, v. 84, p. 171-177, 2006.
- SOLAIMAN, T. J.; CRAIG, J. R.; REDDY, G.; SHOEMAKER, C. E. Effect of high levels of Cu supplement on growth performance, rumen fermentation, and immune responses in goat kids. **Small Ruminant Research**, v. 69, n. 1, p. 115-123, 2007.
- SOUSA, I. K. F.; MINERVINO, A. H. H.; SOUSA, R. S.; CHAVES, D. F.; SOARES, H. S.; BARROS, I. O.; ARAÚJO, C. A. S. C.; BARRÊTO JÚNIOR, R. A.; ORTOLANI, E. L. Copper Deficiency in sheep with high liver iron accumulation. **Veterinary Medicine International**, v. 2012, art. 207950, p. 1-4, 2012.
- 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.

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

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

TEBALDI, F. L. H.; SILVA, J. F. C.; VASQUEZ, H. M.; THIEBAUT, J. T. L. Composição mineral das pastagens das regiões norte e noroeste do Estado do Rio de Janeiro. 2. Manganês, ferro, zinco, cobre, cobalto, molibdênio e chumbo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 2, p. 616-629, 2000.

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.; 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.; 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.; 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.; 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.

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.

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 RYSSSEN, J. B., BRADFIELD, G. D. An assessment of the selenium, copper and zinc status of sheep on cultivated pastures in the Natal Midlands. **Journal of South African Veterinary Association**, v. 63, n. 4, p. 156-161, 1992.

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.