



**Universidade Federal do Pará
Núcleo de Ciências Agrárias e Desenvolvimento Rural
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Amazônia Oriental
Universidade Federal Rural da Amazônia
Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal**

CLEYTON PRADO PINHEIRO

**DETERMINAÇÃO DOS NÍVEIS DE FÓSFORO, COBRE,
COBALTO E ZINCO EM BUBALINOS CRIADOS NOS
MUNICÍPIOS DE SOURE, SALVATERRA, BREVES E
CACHOEIRA DO ARARI, NA ILHA DE MARAJÓ, ESTADO
DO PARÁ**

**BELÉM-PA
2010**

CLEYTON PRADO PINHEIRO

**DETERMINAÇÃO DOS NÍVEIS DE FÓSFORO, COBRE,
COBALTO E ZINCO EM BUBALINOS CRIADOS NOS
MUNICÍPIOS DE SOURE, SALVATERRA, BREVES E
CACHOEIRA DO ARARI, NA ILHA DE MARAJÓ, ESTADO
DO PARÁ**

Dissertação apresentada para obtenção do grau de Mestre em
Ciência Animal. Programa de Pós-Graduação em Ciência
Animal. Núcleo de Ciências Agrárias e Desenvolvimento
Rural. Universidade Federal do Pará. Empresa Brasileira de
Pesquisa Agropecuária - Amazônia Oriental. Universidade
Federal Rural da Amazônia.

Área de concentração: Sanidade Animal.

Orientador: Prof^o. Dr. José Diomedes Barbosa Neto

**BELÉM-PA
2010**

CLEYTON PRADO PINHEIRO

**DETERMINAÇÃO DOS NÍVEIS DE FÓSFORO, COBRE,
COBALTO E ZINCO EM BUBALINOS CRIADOS NOS
MUNICÍPIOS DE SOURE, SALVATERRA, BREVES E
CACHOEIRA DO ARARI, NA ILHA DE MARAJÓ, ESTADO
DO PARÁ**

Dissertação apresentada para obtenção do grau de Mestre em
Ciência Animal. Programa de Pós-Graduação em Ciência
Animal. Núcleo de Ciências Agrárias e Desenvolvimento
Rural. Universidade Federal do Pará. Empresa Brasileira de
Pesquisa Agropecuária - Amazônia Oriental. Universidade
Federal Rural da Amazônia.

Área de concentração: Sanidade Animal.

Data da aprovação Belém-PA: _____/_____/_____

BANCA EXAMINADORA

Prof^o Dr. José Diomedes Barbosa Neto
Universidade Federal do Pará

Prof^o Dr. André Guimarães Maciel e Silva
Universidade Federal do Pará

Prof^a Dr^a. Stefano Juliano Tavares de Andrade
Universidade Federal do Pará

**BELÉM-PA
2010**

À minha família, em especial meus Pais Nelma e Izael por todo o amor e dedicação e a minha noiva Cleycinara por tudo que representa pra mim e por enfrentar ao meu lado todas as dificuldades desta jornada.

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter permitido realizar mais uma etapa na minha vida.

Aos meus familiares, por terem me dado educação, carinho e força, sempre me incentivado aos estudos e valorizando meus potenciais.

Ao professor, amigo e orientador Dr. José Diomedes Barbosa Neto, por todo empenho, sabedoria, compreensão, exigência, e confiança em mim depositada.

Ao professores e amigos MSc. Carlos Magno Chaves Oliveira, MSc. Marcos Duarte e Dr^a Valéria Duarte pelos incentivos, orientações e contribuições com os seus conhecimentos.

Ao Professores Dr. André Guimarães Maciel e Silva e Dr. Stefano Juliano Tavares de Andrade e a Prof^a Dr^a. Laura Angélica Ferreira pela participação na banca de defesa desta dissertação, proporcionando discussões e sugestões que servirão para crescimento, aprendizado e incentivo à pesquisa.

Aos mestrandos Carlos Alberto de Oliveira Junior e Alessandra dos Santos Belo Reis pelo auxílio na coleta de dados nos matadouros e ao estagiário Henrique dos Anjos Bonjardim pela grande ajuda dada no preparo das amostras para análise.

Ao Instituto Evandro Chagas, por proporcionar que fossem realizadas as análises desta dissertação.

Aos químicos Bruno Carneiro e Kelson Faial e ao técnico Marcus Costa pelo auxílio e orientações na realização das análises.

Aos animais que participaram desta pesquisa, pois sem eles nenhuma dessas páginas estaria completa.

Aos meus verdadeiros amigos pela força e companheirismos nessa jornada.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo auxílio financeiro com a bolsa de mestrado concedida.

A Fundação de Amparo a Pesquisa do Pará (FAPESPA), pelo auxílio financeiro para realização do projeto.

A todas as pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para a execução dessa Dissertação de Mestrado.

"Não faças do amanhã o sinônimo de nunca, nem o ontem te seja o mesmo que nunca mais. Teus passos ficaram. Olhes para trás, mas vá em frente, pois há muitos que precisam que chegues para poderem seguir-te."

Charles Chaplin

RESUMO

Foram estudados 104 bubalinos, adultos, sem distinção de raça e sexo, criados extensivamente, sem suplementação, em pastagens nativas de baixa qualidade nutricional, dos municípios de Breves, Cachoeira do Arari, Salvaterra e Soure, Ilha de Marajó, Pará. Realizou-se coleta de fígado, osso e sangue de 26 animais no município de Salvaterra, 38 animais no município de Soure, 20 animais no município de Breves e 20 animais no município de Cachoeira do Arari. Foi realizada determinação dos teores de fósforo, no soro sanguíneo e no osso, de cinzas e da densidade específica no tecido ósseo e de cobalto, cobre e zinco no tecido hepático. Observou-se que a média das concentrações de fósforo no soro sanguíneo (6,26 mg/dl) e no osso (10,77 %), a percentagem de cinzas (60,87%) e a densidade específica (1,59 g/ml) do osso foram inferiores aos níveis críticos estabelecidos para bovinos, caracterizando deficiência de fósforo. As concentrações médias de cobre (5,57 ppm), e zinco (27,05 ppm) foram consideradas baixas quando comparadas com valores de referência, caracterizando deficiência para estes elementos. No caso do cobalto quando se considerou os valores detectáveis e não detectáveis pela metodologia observou-se que 51,92 % dos animais apresentaram níveis inferiores aos de referência, demonstrando a ocorrência da deficiência de cobalto nesses animais. Ressalta-se que as deficiências de cobre e zinco demonstraram uma maior gravidade já que todos os animais estudados apresentaram níveis baixos desses elementos.

Palavras-chave: Deficiências minerais. Bubalinos. Ilha de Marajó. Fósforo. Percentual de cinzas no osso. Densidade óssea. Cobre. Cobalto. Zinco.

ABSTRACT

We studied 104 buffaloes, adults, without distinction of race and sex, reared extensively, without supplementation, in native pastures of low nutritional quality, in the municipalities of Breves, Cachoeira do Arari, Salvaterra and Soure, Marajo Island, Pará. Held collection of liver, bone and blood of 26 animals in the municipality of Salvaterra, 38 animals in the municipality of Soure, 20 animals in the municipality of Breves and 20 animals in the municipality of Cachoeira do Arari. Determination was performed to determine the levels of phosphorus in the blood serum and bone ash and specific gravity on bone and cobalt, copper and zinc in liver tissue. It was observed that the average phosphorus concentrations in blood serum (6.26 mg/dl) and bone (10.77 %), the percentage of ash (60.87 %) and specific gravity (1.59 g/ml) of bone were lower than the critical levels established for cattle, characterizing phosphorus deficiency. The average concentrations of copper (5.57 ppm) and zinc (27.05 ppm) was considered low when compared with reference values, characterizing disability for these elements. In the case of cobalt when considering the values detectable and undetectable by the methodology it was observed that 51.92% of the animals had levels below the reference, indicating the occurrence of cobalt deficiency in these animals. It is emphasized that the deficiencies of copper and zinc showed a more severe since all animals studied showed low levels of these elements.

Keywords: Mineral Deficiencies. Buffaloes. Marajo Island. Percentage of ashes in bones. Bone density. Copper. Cobalt. Zinc.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Mapa da Ilha de Marajó, Estado do Pará, com a localização dos municípios de Soure, Salvaterra, Cachoeira do Arari e Breves	21
Figura 2	Kit reagente Doles® e aparelho semi-automático de bioquímica Bioplus 2000 ...	22
Figura 3	Estufa para esterilização.....	23
Figura 4	Extrator de gordura soxlet	24
Figura 5	Mufla	24
Figura 6	Pesagem da amostra de fígado em balança de precisão	26
Figura 7	Amostras de fígado acondicionadas em tubos de vidros estéreis e identificadas	26

LISTA DE TABELAS

Tabela 01	Quantidade de amostras coletadas por município da Ilha de Marajó e o mês de realização dessas coletas	20
Tabela 02	Valores de referência para a espécie bovina e valores médios de fósforo no soro sanguíneo e no osso, da densidade óssea e do percentual de cinzas no tecido ósseo, e de cobre, cobalto e zinco no tecido hepático	28
Tabela 03	Quantidade e porcentagem dos animais deficientes, sub-deficientes e valores adequados de fósforo no soro sanguíneo e no osso, da densidade óssea e do percentual de cinzas no tecido ósseo, e de cobre, cobalto e zinco no tecido hepático	29

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. OBJETIVOS	12
2.1. OBJETIVO GERAL	12
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
3. REVISÃO DE LITERATURA	13
3.1. DEFICIÊNCIA DE FÓSFORO	14
3.1.1. Importância e função do fósforo nos animais	14
3.1.2. Diagnóstico da deficiência de fósforo no soro sanguíneo e no osso	15
3.1.3. Estudos realizados sobre os níveis de fósforo no soro sanguíneo e no osso de bovinos e bubalinos	16
3.1.3.1 – Níveis normais de fósforo no soro sanguíneo e no osso de bovinos e bubalinos	16
3.1.3.2 – Níveis deficientes de fósforo no soro sanguíneo e no osso de bovinos e bubalinos	16
3.2. DEFICIÊNCIA DE COBALTO	18
3.2.1. Importância e função do cobalto nos animais	18
3.2.2. Diagnóstico da deficiência de cobalto no fígado	19
3.2.3. Estudos realizados sobre os níveis de cobalto no fígado de bovinos e bubalinos	20
3.2.3.1. Níveis normais de cobalto no fígado de bovinos e bubalinos	20
3.2.3.2 – Níveis deficientes e sub-deficientes de cobalto no fígado de bovinos e bubalinos	20
3.3. DEFICIÊNCIA DE COBRE	22
3.3.1. Importância e função do cobre nos animais	22
3.3.2. Diagnóstico da deficiência de cobre no fígado	23
3.3.3. Estudos realizados sobre os níveis de cobre no fígado de bovinos e bubalinos	23
3.3.3.1 – Níveis adequados de cobre no fígado de bovinos e bubalinos	23
3.3.3.2 – Níveis deficientes de cobre no fígado de bovinos e bubalinos	24
3.4. DEFICIÊNCIA DE ZINCO	26
3.4.1. Importância e função do zinco nos animais	26
3.4.2. Diagnóstico da deficiência de zinco no fígado	27

3.4.3. Estudos realizados sobre os níveis de zinco no fígado de bovinos e bubalinos	27
3.4.3.1 – Níveis adequados de zinco no fígado de bovinos e bubalinos	27
3.4.3.2 – Níveis deficientes de zinco no fígado de bovinos e bubalinos	27
4. MATERIAL E MÉTODOS	29
4.1. LOCAL DA COLETA	29
4.2. COLHEITA DE SANGUE	30
4.3. DOSAGEM DE FÓSFORO NO SORO SANGUÍNEO	30
4.4. COLETA DE TECIDO ÓSSEO	31
4.5. DOSAGEM DE FÓSFORO NO OSSO	32
4.6. DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE ESPECÍFICA E DO PERCENTUAL DE CINZAS NO OSSO	34
4.7. COLETA DE FÍGADO	34
4.8. DETERMINAÇÃO DE COBRE, COBALTO E ZINCO	34
4.9. ANÁLISES ESPECTROMÉTRICAS	36
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
5.1. TEOR DE FÓSFORO INORGÂNICO NO SORO SANGUÍNEO	38
5.2. TEOR DE FÓSFORO, DA DENSIDADE ESPECÍFICA E DA PERCENTAGEM DE CINZAS NO OSSO	39
5.3. TEOR DE COBRE, COBALTO E ZINCO NO FÍGADO	39
6. CONCLUSÕES.....	42
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43
ANEXOS	50

1. INTRODUÇÃO

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2006), o Brasil conta com um rebanho bubalino de 1.156.870 de cabeças, dos quais a grande maioria concentra-se na Região Norte, com 706.072 cabeças. Na Região Norte, o Estado do Pará possui o maior rebanho bubalino do país, contando com aproximadamente 500 mil animais, representando mais de 50% do rebanho nacional, localizado em sua maioria na Ilha de Marajó.

A Ilha de Marajó é um arquipélago localizado nas margens do rio Amazonas, com uma área de 49.602 km² divididos em 16 municípios. Segundo Cardoso & Pereira (2002) o clima da Ilha segundo a classificação de Köppen é do tipo tropical chuvoso Am, com precipitação média anual de 2.500 mm, temperatura média de 27°C, umidade relativa de 85%, com pluviosidade distribuída em dois períodos distintos: um de máxima, de Janeiro a Junho, e outro de mínima, de Setembro a Dezembro. A maior intensidade das chuvas, no entanto acontece de fevereiro a maio e é tamanha que dois terços da Ilha de Marajó ficam completamente alagados. A variedade dos solos e da vegetação da Ilha reflete seus dois ecossistemas: campos naturais na porção oriental abarcando 1/3 da área, e na porção ocidental o ecossistema de mata, distribuídos em 2/3 da Ilha (BARBOSA, 2005). O solo predominante dos campos é a Laterita Hidromórfica e, em menor escala, o Glei pouco úmido, ambos de característica extremamente argilosa e de baixa fertilidade (FALESI, 1972; KENDALL et al., 1974).

A criação de búfalos no Marajó ainda se dá, sobretudo, em regime extensivo, tendo como base as raças Murrah, Mediterrânea, Jafarabadi e Carabao, cujo objetivo principal é a produção de carne e de leite, e numa escala menor, o fabrico do queijo. Nesse sistema, os índices de produtividade são considerados ainda muito abaixo do seu verdadeiro potencial, por ser desenvolvido essencialmente em pastagem nativa localizada em solos distróficos, resultando em um suporte forrageiro de baixa qualidade (CARDOSO, 1997).

O búfalo se torna uma alternativa para a população na Ilha de Marajó, devido principalmente à sua adaptabilidade. Entretanto, o Marajó possui enormes fazendas, que na sua maioria não possui cercas, o que impossibilita o controle do rebanho e a utilização de técnicas produtivas, tornando os manejos sanitários e nutricional bastante precários.

Mesmo possuindo 50% do rebanho brasileiro de búfalos, o Estado do Pará ainda não possui dados produtivos relevantes nesse setor (BARBOSA, 2005). Isso se deve a inúmeros

fatores, relacionados à criação de búfalos, que vem levando esta região a prejuízos incalculáveis, principalmente no que diz respeito às deficiências minerais.

Devido às próprias características da Ilha de Marajó, a alimentação através de pastagens de boa qualidade e a suplementação mineral no cocho se torna bastante difícil de realizar. Desta forma, a partir de visitas realizadas em fazendas localizadas em diferentes municípios da Ilha de Marajó, verificou-se que os rebanhos bubalinos apresentavam sinais clínicos, muitas vezes severos, de deficiências minerais, principalmente de fósforo, cobre e cobalto. Observou-se também que muitos animais apresentavam deficiências leves ou moderadas que causavam redução na produtividade desses animais, levando a prejuízos econômicos sérios que muitas vezes não são percebidos pelos proprietários.

A partir daí, alguns trabalhos foram realizados para diagnosticar as deficiências de fósforo, cobre e cobalto, em búfalos marajoaras com sinais clínicos, através da suplementação mineral adequada desses minerais, provocando o desaparecimento dos sinais clínicos compatíveis com a deficiência desses elementos (BARBOSA; DUARTE; OLIVEIRA, 2003; BARBOSA et al., 2005; OLIVEIRA et al., 2009). Há ainda outras deficiências que possam estar relacionadas com os problemas que vem acometendo a criação de búfalos nesta região e precisam ser estudadas, como é o caso da deficiência de zinco que pouco tem sido estudada em búfalos no norte do Brasil.

Além disso, ainda são poucos os trabalhos de pesquisas desenvolvidos para diagnosticar as deficiências minerais, em búfalos, no Estado do Pará, principalmente na Ilha de Marajó, através de fluidos e tecido animal, e na sua maioria foram feitos em caráter experimental ou associado ao estudo do solo e forragens, sendo muitas vezes de difícil conclusão.

Diante da atual situação é fundamental a realização de pesquisas buscando diagnósticos precisos destas deficiências minerais que acometem a espécie bubalina na Ilha de Marajó.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Determinar os níveis de fósforo, cobre, cobalto e zinco em bubalinos oriundos dos municípios de Breves, Cachoeira do Arari, Salvaterra e Soure, Ilha de Marajó, Estado do Pará.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Determinar os níveis de fósforo no soro sanguíneo e no osso de bubalinos da Ilha de Marajó.

Determinar o percentual de cinzas e a densidade específica no osso de bubalinos da Ilha de Marajó.

Determinar os níveis de cobre, cobalto e zinco no fígado de bubalinos da Ilha de Marajó.

3. REVISÃO DE LITERATURA

Segundo McDowell (1992), os minerais podem ser classificados em macrominerais (Cálcio (Ca), Fósforo (P), Potássio (K), Magnésio (Mg), Sódio (Na), Enxofre (S) e Cloro (Cl)) quando são exigidos em quantidades relativamente grandes pelo organismo (expressos em gramas) e, microminerais (Cobalto (Co), Cobre (Cu), Iodo (I), Ferro (Fe), Manganês (Mn), Selênio (Se) e Zinco (Zn)) quando são exigidos em quantidades muito pequenas (expressos em miligramas). Ainda de acordo com o referido autor, há outros microminerais (Molibdênio (Mb), Flúor (Fl), Arsênico (Ar), Boro (Bo), Chumbo (Pb), Lítio (Li), Níquel (Ni), Silício (Si), Estanho (Sn) e Vanádio (V)) que são essenciais para algumas espécies, mas ainda não há consenso na determinação das exigências nutricionais de espécies domésticas com interesse produtivo.

Os macro e microminerais desempenham funções vitais no organismo animal devido a sua participação como componente estrutural dos tecidos corporais (como o Ca e P), nos tecidos e fluidos corporais como eletrólitos para manutenção do equilíbrio ácido-básico, da pressão osmótica e da permeabilidade das membranas celulares (Ca, P, Na, Cl), ativadores de processos enzimáticos (Cu, Mn) ou como integrantes da estrutura de metalo-enzimas (Zn, Mn) ou vitaminas (Co) (UNDERWOOD, 1981; TOKARNIA et al., 2000).

Estudos já foram realizados mapeando as principais deficiências minerais em bovinos no Brasil, como o trabalho de revisão realizado por Tokarnia; Döbereiner e Moraes (1988) e Tokarnia et al. (2000) em que relataram as deficiências de P, Na, Co, Cu, I, Zn e Mn em diferentes áreas do Brasil.

Nas áreas menos desenvolvidas economicamente do país, como a Amazônia, o problema mineral em criações de bovinos e bubalinos, em sistema extensivo, ainda é maior, atingindo proporções alarmantes, que às vezes não são observadas à primeira vista devido à quase total falta de informações sobre o assunto (CARDOSO, 1997).

Para Tokarnia et al. (2000) as deficiências minerais ocorrem em todas as regiões do Brasil, diferindo apenas nos elementos deficientes e na sua intensidade. No Estado do Pará a deficiência de fósforo, cobre e cobalto é comum e às vezes muito severa em bovinos e bubalinos (BARBOSA et al., 2005). As deficiências de zinco e selênio têm sido diagnosticadas, em bovinos, em menor escala (MORAES; TOKARNIA; DÖBEREINER, 1999).

As deficiências minerais podem ocorrer de forma severa, com perturbações mais ou menos características, ou de forma leve, com sinais não-específicos, como desenvolvimento lento, problemas de fertilidade, baixo rendimento da carcaça e pouca produção de leite. Deficiências leves ou moderadas também causam prejuízos econômicos sérios, porque reduzem a produtividade dos animais e podem predispor a outras doenças (TOKARNIA et al., 2000).

As deficiências de minerais são tradicionalmente estudadas a partir da análise do solo e das forragens, onde os animais estão localizados. Entretanto, devido às variações na disponibilidade, interferências dos diferentes minerais e habilidade animal em melhorar ou reduzir absorção, o diagnóstico das deficiências minerais no animal deve, preferencialmente, ser abordado por intermédio da monitoração dos níveis nos fluidos e tecidos corpóreos (TOKARNIA et al., 1999).

Na maioria das deficiências minerais e, em especial, quando não acentuadas, a determinação do quadro clínico-patológico, apesar de muito importante, não é suficiente (TOKARNIA et al., 2000). A análise de material proveniente dos animais permite verificar de forma mais direta, com maior rapidez e facilidade, as deficiências existentes, com menor risco de erros na interpretação dos resultados (BOYAZOGLU et al., 1972; MILLER e STAKE, 1974; MENDES, 1977; UNDERWOOD, 1981; CONRAD, 1984). Segundo TOKARNIA et al. (2000), amostragens de fígado e osso permite chegar a conclusões bastante seguras sobre a ocorrência de deficiências minerais em extensas regiões, com um número relativamente pequeno de amostras.

3.1. DEFICIÊNCIA DE FÓSFORO

3.1.1. Importância e função do fósforo nos animais

A deficiência de fósforo é certamente a carência mineral mais importante no Brasil (TOKARNIA et al., 2000), sendo que no Estado do Pará esta deficiência ocorre em diversas localidades, principalmente na Ilha de Marajó. Geralmente está ligada a baixos teores desse mineral na alimentação, ocorrendo em locais de solos pobres em fósforo, onde as pastagens têm baixas concentrações desse elemento e a alimentação suplementar não é freqüente (McDOWELL e ARTHINGTON, 2005).

O cálcio deve ser considerado conjuntamente com o fósforo porque juntos, constituem mais de 70% dos minerais do organismo animal. Estão intimamente associados no metabolismo e ocorrem combinados no organismo, na maioria das vezes, e o excesso de um ou de outro na dieta é limitante na disponibilidade de ambos (MAYNARD et al., 1984; CONRAD et al., 1985). Além do envolvimento na maior parte das reações metabólicas do organismo, no metabolismo de gorduras, carboidratos e proteínas, como tampão no sangue, fluidos corporais e no rúmen (LEHNINGER; NELSON; COX, 1995), são também essenciais para a formação do tecido ósseo (CONRAD et al., 1985; NRC, 1996).

Em extensas regiões do Brasil, as concentrações de fósforo no solo e nas pastagens são insuficientes para atender as exigências nutricionais dos ruminantes. No período chuvoso as concentrações desse mineral nas plantas estão aumentadas, entretanto, é nesse período que ocorre o maior aparecimento de animais com deficiência de fósforo, isso ocorre em função do aumento das exigências dos animais por esse mineral, ocasionada por uma boa oferta de energia e proteína nas pastagens. As plantas forrageiras em crescimento, normalmente possuem mais fósforo do que quando maduras ou secas (UNDERWOOD, 1981).

Segundo Tokarnia et al. (2000), Barbosa et al. (2005) e Riet-Correa e Timm (2007) a osteofagia é a manifestação clínica mais característica na deficiência de fósforo, e tem como consequência mais importante a intoxicação do animal com a toxina botulínica presente nos ossos, que causa o botulismo epizootico do bovinos.

Em búfalos na Ilha de Marajó e nordeste do Pará a deficiência de fósforo se manifesta de forma severa, onde é freqüente a presença de animais adultos com osteomalácia e de jovens com raquitismo, sendo mais comum em vacas com as necessidades nutricionais aumentadas em função da gestação e lactação (BARBOSA et al., 2005) .

3.1.2. Diagnóstico da deficiência de fósforo no soro sanguíneo e no osso

O diagnóstico da deficiência de fósforo através da dosagem de fósforo inorgânico no soro é útil, mas têm as suas limitações; por exemplo, estresse, exercício, hemólise, temperatura e tempo de separação do soro sanguíneo influenciam nos teores de P inorgânico podendo causar falsas interpretações (DAYRELL; DÖBEREINER; TOKARNIA, 1973). No entanto, segundo Riet-Correa e Timm (2007), a determinação dos níveis de fósforo nos ossos é a mais acurada indicação do *status* deste elemento no organismo animal.

Em bovinos, nas deficiências leves ou nas sub-deficiências, os níveis séricos de fósforo podem estar entre 4 e 7 mg/dl. Em deficiências severas, os animais podem apresentar níveis séricos de 1 mg/dl ou abaixo disso (DAYRELL; DÖBEREINER; TOKARNIA, 1973; RIET-CORREA; TIMM, 2007). Já o nível de fósforo ideal no osso seco desengordurado deve ser maior ou igual a 11,5 % (McDOWELL; CONRAD; ELLIS, 1984).

O percentual de cinzas e a densidade óssea específica no tecido ósseo normal de bovinos devem está acima de 66,80% (LITTLE, 1972) e 1,69 g/ml (VALDES; McDOWELL; KOGER, 1988), respectivamente.

3.1.3. Estudos realizados sobre os níveis de fósforo no soro sanguíneo e no osso de bovinos e bubalinos

3.1.3.1 – Níveis normais de fósforo no soro sanguíneo e no osso de bovinos e bubalinos

Villares e Silva (1955), entre 1951 e 1953, determinaram os teores de fósforo inorgânico do sangue total de 37 vacas Guzerá, mantidas em regime de campo na Fazenda Experimental de Criação em Sertãozinho, São Paulo. A média do teor de fósforo inorgânico foi de 4,17 (\pm 1,56) mg por 100 ml de sangue (694 análises). Este valor médio anual está quase no limiar inferior das variações fisiológicas normais, que é de 4 mg/100ml.

Sousa et al. (1985), em seus estudos experimentais e analíticos no município de Miranda, MS, encontraram níveis normais para P e Ca no plasma sanguíneo, em todos os tratamentos.

Nicodemo et al. (2005), em experimento com vacas nelores jovens, utilizando mistura mineral completa, registraram, em três anos de tratamento, valores médios de 1,89, 1,82 e 1,83 de densidade óssea específica e de 64,25, 65,58 e 65,12, nos valores de cinzas ósseas. Esses resultados demonstram os efeitos positivos da suplementação mineral na manutenção do padrão fisiológico da massa óssea de bovinos.

3.1.3.2 – Níveis deficientes de fósforo no soro sanguíneo e no osso de bovinos e bubalinos

Bauer; Santos e Mancuso (1964) no município de Santa Vitória do Palmar, Rio Grande do Sul, realizaram análises de fósforo no soro sanguíneo de bovinos da região. Os valores de

fósforo no soro foram baixos; das 40 amostras analisadas, 77,5% tinham valores abaixo de 4,0 mg de fósforo inorgânico por 100 ml de soro sanguíneo.

Tokarnia et al. (1970) estudando deficiência de fósforo no Piauí, encontraram valores baixos de fósforo inorgânico no soro sanguíneo. Vinte e cinco animais tinham menos de 4,0 mg de fósforo inorgânico por 100 ml de soro sanguíneo. Em outros 14 bovinos os valores de fósforo estavam entre 4,0 e 5,0 mg, e somente em 12 animais os valores eram superiores a 5,0 mg.

Little (1972) demonstrou que as modificações na densidade e no percentual de cinzas do osso são resultantes das variações ocorridas no conteúdo de P na dieta.

Camargo; Fernandes e Santiago (1980) e Camargo et al. (1985), em seus estudos de elementos minerais de interesse pecuário em 20 fazendas da Amazônia Legal, encontraram, em relação ao P, índices abaixo do valor mínimo no soro sanguíneo dos bovinos em 4 fazendas, durante a estação chuvosa.

Barros et al. (1981), nos municípios de Manaus e Itacoatiara, AM, e de Parintins, PA, verificaram no soro sanguíneo de bovinos, níveis de cálcio e fósforo baixos, principalmente em relação ao fósforo.

Sousa et al. (1985), em seus estudos experimentais e analíticos no município de Miranda, MS, encontraram níveis relativamente baixos de Ca, P e percentagem de cinza no tecido ósseo.

Sousa et al. (1986), em seu levantamento das deficiências minerais em bovinos no nordeste de Roraima, verificaram que os níveis de P plasmático foram baixos em praticamente todas as regiões. As percentagens de cinza nos ossos das vacas foram baixas em quatro regiões, nos bovinos jovens foram deficientes em todas as seis regiões avaliadas. Os teores médios de P na cinza óssea foram deficientes, menores que 11,5 % (McDOWELL; CONRAD; ELLIS, 1984), variando de 9,9 a 14,2% nas vacas em lactação e de 9,2 a 12,7% nos bovinos jovens, sendo, em ambas as categorias, menores durante a época chuvosa.

Lau (1988), dosando fósforo inorgânico no soro de bubalinos adultos no Estado do Pará, evidenciou taxas entre 2,4 a 4,9 mg/100 ml, inferior aos valores de referência para bovinos que é de 4,0 mg/100 ml.

Costa et al. (1992) observaram através de experimento com suplementação de diversas misturas minerais a novilhos de engorda realizado em fazenda no município de Diamantina, Mato Grosso, baixos níveis de cinzas nos ossos, indicando deficiência de P.

Valores baixos de fósforo inorgânico no soro sanguíneo, também foram observados por Cardoso; Teixeira Neto e Veiga (1994) em bubalinos em regime de pasto, no Estado do Pará, com idade de seis e catorze meses, $6,30 \pm 1,81$ e $5,25 \pm 1,88$ mg/100ml, respectivamente.

Lisbôa et al. (1996) determinaram os níveis sorológicos de Ca, P, Mg, Na, Cl e K, os níveis hepáticos de Fe, Co, Cu, Zn e Mn e o teor de Ca, P e Mg nos ossos de 32 bovinos acometidos por botulismo epizoótico em propriedades localizadas em municípios próximos a Botucatu, São Paulo. Em relação ao Ca e ao P, o estudo bioquímico sérico apontou hipocalcemia e hipofosfatemia como indicativo de deficiência de P. As dosagens no tecido ósseo mostraram concentrações normais de Ca e níveis discretamente reduzidos de P e de cinzas.

Cardoso (1997) avaliando macro e microminerais em bovinos e bubalinos da Ilha de Marajó, no período seco e chuvoso, revelou níveis de fósforo nas cinzas ósseas de 10,5%, bem abaixo do normal.

Pereira et al. (2003) ressaltaram a ocorrência da diminuição da densidade óssea em bubalinos, menor que 1,69 g/ml, nas deficiências de P e Cu.

Oliveira et al. (2009), avaliando os níveis séricos de fósforo de 185 bubalinos, fêmeas, com idade entre dois e três anos, de um rebanho de criação extensiva sem suplementação mineral, oriundos dos municípios de Soure e Chaves na Ilha de Marajó, revelaram média de $5,51 \pm 1,03$ mg/dl de fósforo, nas amostras estudadas, sendo que 11 animais apresentaram níveis séricos de fósforo abaixo de 4 mg/dl, o que pode ser considerado valores críticos quando comparado com bovinos.

Pereira e Cardoso (2009), estudando 110 bubalinos (39 jovens e 71 adultos) da Ilha de Marajó, revelaram valores médios do fósforo de 10,69%, das cinzas de 60,24% e da densidade óssea de 1,46 g/ml, bem abaixo dos valores normais para bovinos.

3.2. DEFICIÊNCIA DE COBALTO

3.2.1. Importância e função do cobalto nos animais

O cobalto é requerido pelos microorganismos ruminais para a síntese de vitamina B12 onde uma baixa quantidade desse elemento na dieta, leva a distúrbios relacionados à deficiência desta vitamina (McDONALD; EDWARDS; GREENHALGH, 2002). Esta

vitamina é uma coenzima importante para a gliconeogênese nos ruminantes. Uma vez que a principal fonte de energia para estes animais não é a glicose ingerida e sim o ácido propiônico produzido no rúmen, para que seja utilizado como fonte de energia o ácido propiônico precisa entrar na via gliconeogênica, no ciclo do ácido tricarboxílico, ao nível do succinato para ser transformado em glicose. Essa reação é catalisada pela enzima metilmalonil-COA que necessita de uma coenzima (vitamina B12) para exercer sua atividade catalítica (LEHNINGER; NELSON; COX, 1995; UNDERWOOD; SUTTLE, 1999).

A deficiência de cobalto ocorre com maior frequência em animais em pasto e é encontrada em extensas áreas na maioria dos países tropicais. Deficiências severas podem ocorrer em pastagens luxuriantes, contudo cavalos que pastejam na mesma área não são afetados pela deficiência (CONRAD et al., 1985).

As pastagens de algumas regiões são deficientes em cobalto, pelas condições alcalinas de solo ou pelo excesso de manganês, causando diminuição da absorção do elemento pelas plantas (GONZÁLEZ; SILVA, 2003).

No Estado do Pará a deficiência de cobalto já foi diagnosticada na Ilha de Marajó em búfalos de todas as idades, com maior incidência em animais com menos de dois anos. É mais comum no período chuvoso, que no Estado do Pará geralmente vai de dezembro a abril (BARBOSA et al., 2005).

3.2.2. Diagnóstico da deficiência de cobalto no fígado

A forma mais conclusiva de se diagnosticar a deficiência de cobalto é baseada na resposta dos animais à administração do elemento (BARBOSA et al., 2005). Normalmente, o nível de cobalto no fígado reflete o *status* desse mineral no animal, podendo a deficiência ser diagnosticada pela determinação do seu teor neste órgão (RIET-CORREA; TIMM, 2007). Em bovinos com idade de nove meses ou mais, valores abaixo de 0,05 ppm de cobalto no fígado, indicam deficiência, de 0,05-0,12 ppm, sub-deficiência, e acima de 0,12 ppm, índice adequado de cobalto (UNDERWOOD, 1977).

3.2.3. Estudos realizados sobre os níveis de cobalto no fígado de bovinos e bubalinos

3.2.3.1. Níveis normais de cobalto no fígado de bovinos e bubalinos

Correa (1955, 1957), no Estado de São Paulo, realizou determinações de cobalto em amostras de fígado de 22 bovinos sadios de área considerada normal, revelando um teor médio de $0,058 \pm 0,006$ ppm, indicando deficiência para este elemento.

Fernandes et al. (1976), em levantamento na região do Vale do Paraíba, SP, verificaram, através da análise de 17 amostras de fígado bovino, valores normais na época de chuva (média 0,160 ppm).

Camargo; Fernandes e Santiago (1976), pesquisando bovinos no nordeste de Mato Grosso, obtiveram em análises de amostras de fígado de bovinos provenientes da região setentrional do estado, níveis médios de cobalto no limite do normal (0,10 e 0,11 ppm nas épocas de seca e águas respectivamente). Os autores não informam a quantidade de amostras analisadas.

Fernandes e Santiago (1976), analisando amostras de fígado na região amazônica, em 20 amostras analisadas verificaram quatro valores no limite do normal (0,100 ppm).

Sousa et al. (1981), compilando os dados da tese de Mendes (1977) no levantamento das deficiências minerais em bovinos no norte de Mato Grosso, e Sousa e Darsie (1985), no levantamento das deficiências minerais em bovinos no nordeste de Roraima, verificaram que as concentrações de cobalto no tecido hepático foram adequados em todas as regiões estudadas.

Moraes; Silva e Döbereiner (1994), ao investigarem a importância de um possível desequilíbrio de microelementos na dieta animal na etiologia da “cara inchada” dos bovinos (CI), verificaram teores de Co adequados em todos os animais sadios ou afetados pela CI em fazendas CI-positivas na região de Rondonópolis.

Lisbôa et al. (1996) em São Paulo, determinaram que os teores hepáticos de Co em 32 bovinos estudados por eles estavam dentro dos limites de normalidade.

3.2.3.2 – Níveis deficientes e sub-deficientes de cobalto no fígado de bovinos e bubalinos

Correa (1955, 1957), no Estado de São Paulo, realizou determinações de cobalto em amostras de fígado de 20 bovinos doentes de área sabidamente deficiente em Co, revelando

uma média de 0,201 (\pm 0,016) ppm na matéria seca, indicando níveis adequados nesta espécie.

Tokarnia et al. (1961, 1968) estudando uma doença de bovinos conhecida como "Mal do fastio", encontraram em dois de três animais sadios estudados, valores deficientes de cobalto no fígado.

Tokarnia et al. (1971) estudando doenças em bovinos, na região de Macapá, no Amapá e ao norte do Rio Doce, no Espírito Santo, encontraram valores deficientes e subdeficientes de cobalto no fígado.

Fernandes et al. (1976), em levantamento na região do Vale do Paraíba, SP, verificaram, através da análise de 32 amostras de fígado na época de seca, valores indicando sub-deficiência de cobalto no período de seca (média 0,098 ppm).

Camargo; Fernandes e Santiago (1976), pesquisando bovinos no nordeste de Mato Grosso, obtiveram em análises de amostras de fígado de bovinos provenientes da região meridional do estado, teores médios de cobalto indicaram sub-deficiência, tanto na época de seca como na de águas (0,07 e 0,08 ppm respectivamente). Ressalta-se que os autores não informam a quantidade de amostras analisadas.

Fernandes e Santiago (1976), analisando amostras de fígado da região nordeste do Magro Grosso, em 20 amostras analisadas verificaram 9 valores deficientes de cobalto.

Camargo; Fernandes e Santiago (1980), em seus estudos de elementos minerais de interesse pecuário em 20 fazendas da Amazônia Legal, em relação ao cobalto encontraram, num total de aproximadamente 100 amostras de fígado (incluídas aproximadamente 70 amostras analisadas por Mendes (1977)), valores indicando deficiência em 5 amostras procedentes de 5 fazendas, localizadas nos municípios de Silves, AM, e Santana do Araguaia, PA.

Barros et al. (1981), nos municípios de Manaus e Itacoatiara, AM, e de Parintins, PA, observaram teores de cobalto no fígado deficientes. Concluindo que a participação do reduzido teor de Co no fígado dos bovinos tenham relação com a doença denominada "Mal-de-secar".

Camargo et al. (1985), no estudo em 13 fazendas na região Amazônica, verificaram valores deficientes somente em uma amostra fígado (na época de chuva, no sul do Pará), de 9 amostras analisadas procedentes de 6 fazendas.

Moraes; Tokarnia e Döbereiner (1999) diagnosticaram a ocorrência de deficiência de Co nos municípios de Barra do Bugres e Diamantina (MT), no município de Boa Vista (RR),

nos municípios de Manaus e Itacoatiara (AM), no nordeste do Estado de Minas Gerais, nos municípios de Luiz Antonio (SP) e de Seropédica (RJ). Ainda foram verificados baixos teores hepáticos de cobalto no município de Urubici no leste de Santa Catarina, onde ocorre, em bovinos, a “doença do peito inchado”, de etiologia ainda não esclarecida (TOKARNIA et al., 1989).

3.3. DEFICIÊNCIA DE COBRE

3.3.1. Importância e função do cobre nos animais

Fundamental para formação de hemoglobina, o cobre ainda se destaca entre os microelementos, pelo número e variedade de funções a que está ligado, direta ou indiretamente (BARBOSA et al., 2005). É componente de várias enzimas, como a citocromo oxidase, necessária para o transporte de elétrons durante a respiração aeróbica; a lisil oxidase que catalisa a formação do colágeno e elastina; a ceruloplasmina, que é essencial para absorção e transporte de ferro necessário para a síntese de hemoglobina; a superóxido dismutase que protege as células dos efeitos tóxicos do metabolismo do oxigênio (McDOWELL, 1992; NRC, 2001). Por estar envolvida no mecanismo de oxidação, sua deficiência leva a transtornos no metabolismo oxidativo, podendo manifestar-se de múltiplas formas. (GONZÁLEZ; SILVA, 2003). Essa multiplicidade de funções do elemento evidencia-se pela existência das diversas enfermidades ou condições clínicas decorrentes da deficiência de cobre na dieta.

A deficiência de cobre pode ser simples, quando se observam baixos valores de cobre na dieta, ou secundária, quando condicionada pela presença de fatores dietéticos que interferem na utilização ou absorção do cobre pelo animal, como a decorrente do excesso do molibdênio (VASQUEZ; HERRERA; SANTIAGO, 2001; BARBOSA et al., 2005; DIRKSEN; GRÜNDER; STÖBER, 2005; RIET-CORREA; TIMM, 2007).

Em bovinos adultos os sinais de deficiência de cobre são mais evidentes na época das chuvas quando, apesar da abundância de alimento verde, os animais emagrecem (BARBOSA et al., 2005).

Casos graves de deficiência de cobre ocorrem no Pará, tanto em bovinos quanto em bubalinos sendo a perda de peso e a despigmentação de pêlos ao redor dos olhos os principais

sinais (BARBOSA et al., 2005). Nesse estado, baixos níveis de cobre hepático em bubalinos e bovinos foram encontrados na Ilha de Marajó (CARDOSO; TEIXEIRA NETO; VEIGA, 1997).

Na Austrália foi descrita, em gado adulto, uma condição conhecida como “falling disease” (doença da queda), caracterizada por mortes súbitas. Essa doença tem sido interpretada como manifestação final de severa e prolongada deficiência de cobre (BENNETS; BECK; HARLEY, 1948). Quadro semelhante foi descrito no Rio Grande do Sul (BONDAN; RIET-CORREA; GIESTA, 1991; RIET-CORREA et al., 1993) e suspeitado em búfalos provenientes da Ilha de Marajó, Estado do Pará (BARBOSA, comunicação pessoal).

3.3.2. Diagnóstico da deficiência de cobre no fígado

Apesar das muitas manifestações que ocorrem na deficiência de cobre, em geral o diagnóstico à campo não é tão fácil, mesmo quando a deficiência é acentuada, pois parte dessas manifestações não é específica. A confirmação dessa deficiência, simples ou condicionada, precisa ser realizada através de análises químicas de amostras de fígado, ou melhor, ainda, pela experimentação (administração de cobre aos animais para que ocorra o desaparecimento dos sinais clínicos da deficiência) (BARBOSA et al., 2005). Os resultados dos valores de cobre obtidos pela análise de amostras de fígado são de fácil interpretação. Valores de 0 a 50 ppm da matéria seca indicam deficiência e de 50 a 100 ppm, sub-deficiência; níveis acima de 100 ppm são considerados adequados (UNDERWOOD, 1977).

3.3.3. Estudos realizados sobre os níveis de cobre no fígado de bovinos e bubalinos

3.3.3.1 – Níveis adequados de cobre no fígado de bovinos e bubalinos

Fernandes et al. (1976), em levantamento na região do Vale do Paraíba, no Estado de São Paulo, e Camargo; Fernandes e Santiago (1976), em pesquisas de minerais em bovinos no nordeste de Mato Grosso, obtiveram, em análises de amostras de fígado de bovinos, valores considerados normais para a espécie.

Lopes et al. (1980) em levantamento na microrregião de Mato Grosso de Goiás, GO, verificaram que os teores médios de Cu no fígado estavam normais e variaram de $129,3 \pm 77,4$ a $205,9 \pm 71,5$ ppm.

Sousa; Nicodemo e Darsie (1989), no levantamento das deficiências minerais em bovinos no nordeste de Roraima, verificaram que os níveis médios de Cu no fígado variaram de 120 a 271 ppm e os de Mo de 1,58 a 3,33 ppm, sendo considerados adequados para bovinos.

Lisbôa et al. (1996), estudando 32 bovinos no Estado de São Paulo, determinaram que os teores hepáticos de Cu apresentaram-se dentro dos limites de normalidade.

3.3.3.2 – Níveis deficientes de cobre no fígado de bovinos e bubalinos

Tokarnia et al. (1961, 1968) investigando uma doença em bovinos chamada de "ronca", no delta do Rio Parnaíba, no Piauí e Maranhão, encontraram valores de cobre no fígado deficientes em três animais com "ronca" e em 5 outros não afetados por "ronca".

Sutmoller et al. (1966) encontraram valores baixos de cobre no fígado de bovinos da Ilha de Marajó, na costa do Território do Amapá e nas partes baixas da Baixa Amazônia.

Nove de dez amostras de fígado coletadas de bovinos na Ilha de Marajó, Pará, revelaram baixos níveis de cobre (TOKARNIA et al., 1968).

Na parte sul do Estado do Rio de Janeiro suspeitou-se de deficiência mineral devido a produção dos animais ser inferior ao esperado. De 35 animais examinados sete (20 %) apresentaram valor deficiente e outros sete (20 %) valor sub-deficiente de cobre no fígado. Na parte norte de Santa Catarina, valores deficientes em cobre em 12 (85,7 %) de 14 bovinos examinados também foram encontrados (TOKARNIA et al., 1971).

Fernandes e Santiago (1976), em análises de amostras de fígado de bovinos na Região Amazônica, em 20 amostras analisadas só encontraram um valor deficiente para o cobre.

Lopes et al. (1980) em levantamento na microrregião de Mato Grosso de Goiás, GO, verificaram em Trindade e Firminópolis, 23 e 41% das amostras de fígado, respectivamente, apresentaram teores de cobre inferiores a 100 ppm, caracterizando deficiência.

Camargo; Fernandes e Santiago (1980), em estudos de elementos minerais de interesse pecuário em 20 fazendas na Amazônia Legal, encontraram, em relação ao cobre, num total de 100 amostras de fígado (incluídas aproximadamente 70 amostras analisadas por Mendes (1977)), valores indicando deficiência em 3 (3%) amostras, procedentes de 2 fazendas.

Barros et al. (1981), em estudo sobre o "Mal-de-secar" nos municípios de Manaus e Itacoatiara (AM) e de Parintins (PA), encontraram no fígado dos bovinos teores de cobre moderadamente baixos (variações de 26,4 a 225,3 ppm - média 129,0 ppm).

Bondan; Riet-Correa e Giesta (1991) determinaram os níveis de cobre em 365 amostras de fígado de bovinos, provenientes de animais da área de influência do Laboratório Regional de Diagnóstico, da Universidade Federal de Pelotas, Rio Grande do Sul. Concentrações de Cu iguais ou inferiores a 25 ppm (base seca) foram encontradas em 31,34 e 31,16 % dos fígados de vacas e novilhos de abate, respectivamente, e em 36,36 % de materiais de necropsia, evidenciando uma marcada depleção dos níveis hepáticos do elemento. De um total de nove bovinos com níveis hepáticos de Cu inferiores a 5 ppm (base seca), oito (88,88 %) apresentaram morte súbita.

Moraes; Silva e Döbereiner (1994) verificaram, em relação ao Cu, que bovinos da Região de Rondonópolis (município de Rondonópolis e Jaciara), na sua maioria, são carentes (deficientes e sub-deficientes) neste elemento, independentemente de serem afetados pela Cara Inchada ou não.

Cardoso (1997) avaliando fígado de bovinos e bubalinos na Ilha de Marajó, no período seco e chuvoso, encontraram, em ambas as espécies, valores de cobre deficientes, sobretudo no período chuvoso, com média de 5,7 ppm.

Moraes; Tokarnia e Döbereiner (1999) diagnosticaram a ocorrência de deficiência de Cu no município de Barra do Bugres (MT), em dois bovinos afetados por uma doença em bovinos conhecida como "ronca", e ainda nos municípios de Parintins (AM), Carolina (MA), no nordeste do Estado de Minas Gerais, na parte sul do Estado do Rio de Janeiro, e nos municípios de Itaquí e Uruguaiana (RS).

Pereira e Cardoso (2009) encontraram valor médio, em bubalinos jovens e adultos, de cobre hepático de 19,51 ppm. Comprovando neste estudo, baixas reservas de Cu no fígado de bubalinos criados na Ilha de Marajó.

3.4. DEFICIÊNCIA DE ZINCO

3.4.1. Importância e função do zinco nos animais

O zinco é um mineral que participa como componente de algumas metaloenzimas, tais como superóxido-dismutase, anidrase carbônica, álcool-desidrogenase, carboxipeptidase, fosfatase alcalina, DNA e RNA polimerases, com efeitos nos metabolismos dos carboidratos, lipídios, proteínas e ácidos nucleicos (UNDERWOOD, 1981; NRC, 2001; RIET-CORREA, 2007). O zinco também participa na produção, armazenagem e secreção de hormônios, dentre eles testosterona, insulina, timosina e corticóides da adrenal, bem como atua como ativador de receptores e resposta de órgãos (McDOWELL, 1992; NRC, 2001).

Além de ser encontrado, grande parte do zinco, nos ossos e dentes, encontra-se também nos tecidos moles, principalmente na pele (RIET-CORREA, 2007).

NRC (2001) e Riet-Correa (2007) citam que na deficiência de zinco pode ocorrer diminuição na velocidade de crescimento e redução na ingestão de matéria seca. Em casos severos ocorre emagrecimento, diarreia, pêlo áspero, perda de pêlo, e lesões de paraquaratose da pele, que se apresenta seca escamosa e com rachaduras.

A deficiência de zinco tem sido associada à pododermatite em bovinos. Suplementos terapêuticos com zinco têm sido usados no controle da necrobacilose interdigital e de doenças interdigitais em bovinos (PARDO; NETO; CHIACCHIO, 2004).

Apesar de ainda não ter sido descritos quadros clínicos compatíveis com a deficiência de zinco no Brasil (TOKARNIA et al., 2000), tem sido encontrado baixos níveis de zinco no fígado de bovinos no Mato grosso, Mato Grosso do Sul, Roraima, Rio de Janeiro, Bahia, Ceará e Piauí (TOKARNIA; DÖBEREINER; MORAES, 1988; MORAES; TOKARNIA; DÖBEREINER, 1999; TOKARNIA et al., 1999), Assim como uma resposta eficiente à suplementação com Zn (SOUSA et al., 1982). Segundo Tokarnia et al. (2000) essa deficiência ocorre em bovinos de forma subclínica.

Há descrição, também no Brasil, da chamada paraquaratose hereditária, distúrbio no qual fica prejudicada a absorção de zinco pela mucosa intestinal (PEIXOTO; MORAES; LEMOS, 1994; TOKARNIA et al., 2000). Isso se deve a um defeito hereditário transmitido por genes autossômicos recessivos, que são letais em homozigose (DIRKSEN; GRÜNDER; STÖBER, 2005).

3.4.2. Diagnóstico da deficiência de zinco no fígado

Para se verificar a deficiência de zinco pode ser usada a determinação no fígado, onde valores menores que 100 ppm indicam deficiência e valores acima de 101 ppm são considerados normais em bovinos (UNDERWOOD, 1977).

3.4.3. Estudos realizados sobre os níveis de zinco no fígado de bovinos e bubalinos

3.4.3.1 – Níveis adequados de zinco no fígado de bovinos e bubalinos

Camargo; Fernandes e Santiago (1976), em pesquisas de minerais em bovinos no nordeste de Mato Grosso, obtiveram, em análises de fígado de bovinos na região meridional do Estado, valores normais de zinco.

Lopes et al. (1980) em levantamento na microrregião de Mato Grosso de Goiás, GO, verificaram que os teores médios de Zn no fígado que variaram de $139,2 \pm 48$ a $166,4 \pm 57,9$ ppm estavam normais.

Barros et al. (1981), em estudo sobre a doença "Mal-de-secar" nos municípios de Manaus e Itacoatiara, AM, e de Parintins, PA, acharam no fígado, teores de Zn normais.

Camargo et al. (1985), estudando 13 fazendas na Região Amazônica, verificaram valores elevados de zinco em 9 amostras analisadas em uma fazenda na Ilha de Marajó.

Lisbôa et al. (1996) estudando bovinos no Estado de São Paulo e Cardoso (1997) estudando bovinos e bubalinos na Ilha de Marajó, Estado do Pará, verificaram que os teores hepáticos de Zn estavam dentro dos limites de normalidade.

3.4.3.2 – Níveis deficientes de zinco no fígado de bovinos e bubalinos

Camargo; Fernandes e Santiago (1976), em pesquisas de minerais em bovinos no nordeste de Mato Grosso, obtiveram, em análises de fígado de bovinos na região setentrional do estado, valores de Zn um pouco abaixo do normal (95 e 94 ppm nas épocas de seca e de águas, respectivamente).

Fernandes e Santiago (1976), analisando amostras de fígado de bovinos na Região Amazônica, em 20 amostras analisadas verificaram 7 valores deficientes de Zn.

Camargo; Fernandes e Santiago (1980), estudando elementos minerais de interesse pecuário em 20 fazendas na Amazônia Legal, encontraram, num total de aproximadamente 100 amostras de fígado, valores indicando deficiência de Zn em 79 amostras procedentes de 7 fazendas.

Sousa et al. (1982), compilando os dados da tese de Mendes (1977) no levantamento das deficiências minerais em bovinos no norte de Mato Grosso, constataram que os níveis de Zn no fígado dos animais foram deficientes em todas as seis fazendas, sendo deficientes no período chuvoso (68 ppm) e adequados no período seco (113 ppm).

Sousa e Darsie (1985), realizando levantamento das deficiências minerais em bovinos no nordeste de Roraima, verificaram que os níveis de Zn no fígado dos animais foram baixos em todas as regiões, sendo que as deficiências eram mais pronunciadas no período chuvoso.

Camargo et al. (1985), ao estudar 13 fazendas na Região Amazônica, verificaram valores hepáticos de Zn baixos, somente em uma fazenda, no sul do Pará, na época de seca.

Penna et al. (1983) realizaram análises químicas para Zn em amostras de fígado de bovinos obtidas por biopsia, nos períodos chuvoso e seco, no município de Ipirá, Bahia. Verificou-se baixos valores de Zn na maioria das amostras de fígado, tanto nos bovinos adultos, quanto nos jovens, independentemente da época do ano.

Guimarães et al. (1992) encontraram, no Estado de Minas Gerais, valores de Zn no fígado de 24 novinhas nelore que sugerem uma deficiência marginal desse microelemento.

Moraes (1998) verificou na maioria das regiões abrangidas no seu estudo, que os valores de Zn só esporadicamente estiveram abaixo do nível considerado normal. Apenas nos Estados do Ceará e do Piauí, um maior número de amostras apresentou baixos teores para este mineral, sugerindo a ocorrência de deficiência de Zn, mas sob forma subclínica, pois os históricos e estudos clínico-patológicos não indicavam a ocorrência desta deficiência.

Moraes; Tokarnia e Döbereiner (1999) verificaram valores de Zn em fígados bovinos indicativos de deficiência no município de Seropédica (RJ).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. LOCAL DA COLETA

Foram coletadas amostras de 104 animais da espécie bubalina, adultos, sem distinção de raça e sexo, criados extensivamente, em pastagem nativa, nos campos da Ilha de Marajó, Pará. A coleta foi realizada em dois matadouros no município de Breves, Ilha de Marajó, Pará, em um matadouro no município de Castanhal, Pará, e em animais sacrificados, sendo que todos os animais eram oriundos dos municípios de Breves, Cachoeira do Arari, Salvaterra e Soure, Ilha de Marajó, Pará (Figura 1). Foram coletadas amostras de 96 animais em matadouros e de 8 animais sacrificados.

A quantidade de amostras coletadas por município e o mês de realização dessas coletas estão dispostos na Tabela 1.

Tabela 1 - Quantidade de amostras coletadas por município da Ilha de Marajó e o mês de realização dessas coletas.

Municípios	Sangue	Fígado	Ossos	Mês de coleta
Breves	20	20	20	Maio*
Cachoeira do Arari	20	20	20	Maio*
Soure	26	26	26	Setembro**
Salvaterra	38	38	23	Setembro **
Total de amostras	104	104	89	

* Mês do ano que pertence ao período de máxima precipitação pluviométrica.

** Mês do ano que pertence ao período de mínima precipitação pluviométrica.

É importante ressaltar que os animais eram transportados diretamente de seu município de origem para o matadouro, e eram abatidos para consumo. No caso dos animais necropsiados, todos foram sacrificados em seus municípios de origem.

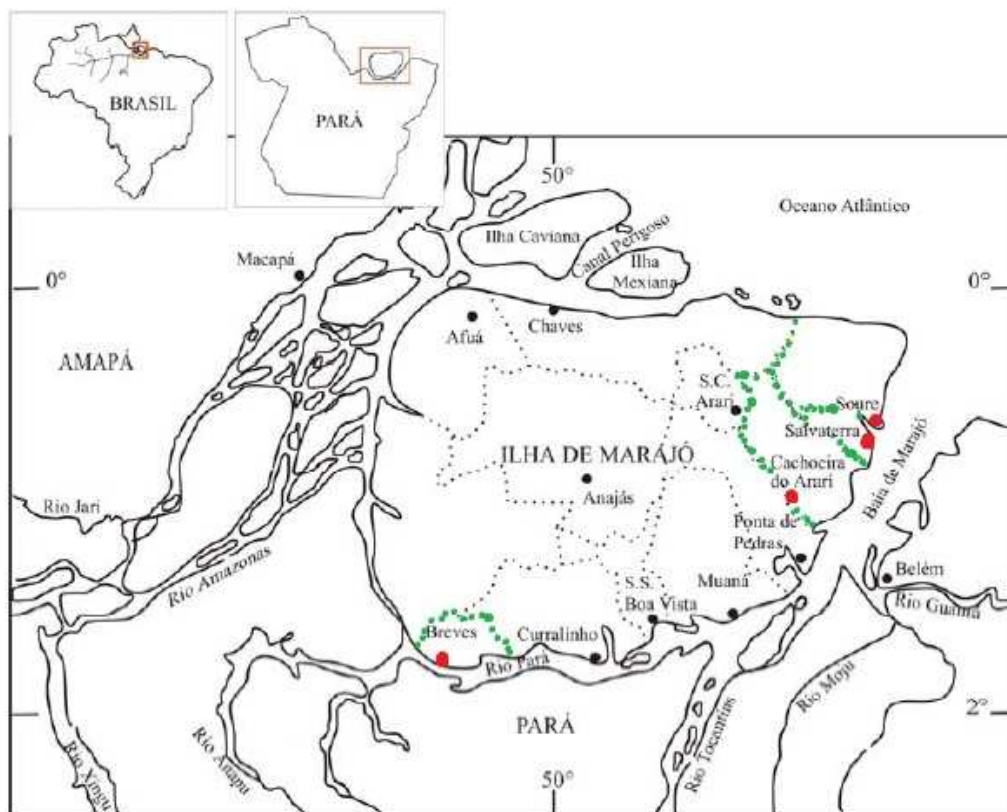


Figura 1 – Mapa da Ilha de Marajó, Estado do Pará, com destaque para a localização dos municípios de Soure, Salvaterra, Cachoeira do Arari e Breves (pontos vermelhos) (Adaptado de Furtado et al. (2006)).

4.2. COLHEITA DE SANGUE

As 104 amostras de sangue foram coletadas através de venopunção da jugular em tubos estéreis a vácuo de 5 ml, sendo que 96 foram coletados na linha de abate, logo após a insensibilização, e 8 foram coletados antes do sacrifício dos animais, para realização das necropsias. O sangue foi centrifugado (3.000 rpm por 5 minutos) e logo após o soro foi separado e armazenado em frascos de polietileno (ependorf), e congelado a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ até a análise.

4.3. DOSAGEM DE FÓSFORO NO SORO SANGUÍNEO

As análises dos teores de fósforo inorgânico no soro sanguíneo foram realizadas no Laboratório de patologia clínica da Central de Diagnóstico veterinário (CEDIVET) da

Universidade Federal do Pará através de teste colorimétrico utilizando Kits reagentes no aparelho semi-automático de bioquímica Bioplus 2000 (Figura 2).

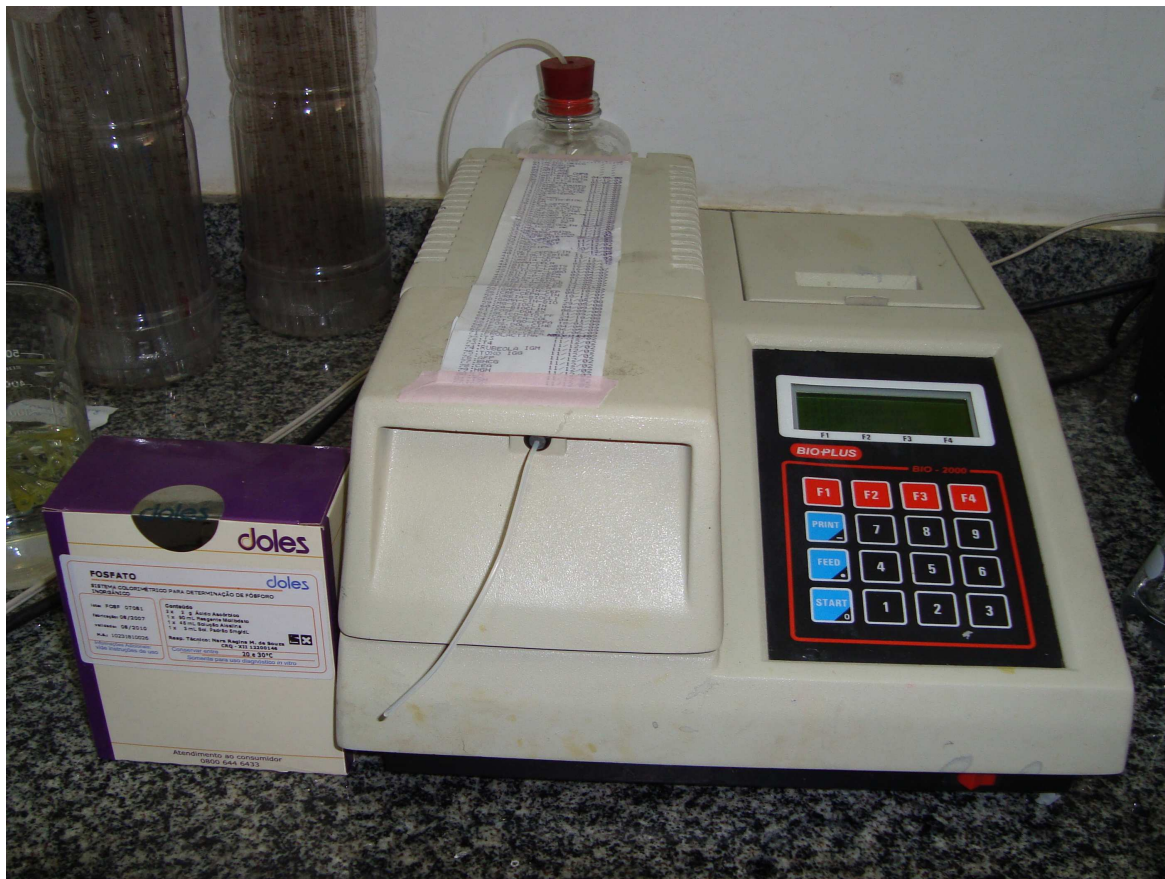


Figura 2 - Kit reagente e aparelho semi-automático de bioquímica Bioplus 2000.

4.4. COLETA DE TECIDO ÓSSEO

Foram coletados 89 fragmentos de ossos, sendo que destes, 44 foram retirados do terço médio da 12^a costela e 45 do corpo da mandíbula. As informações sobre quantidade de amostra coletada por município e o mês em que foram coletadas estão dispostas na Tabela 1.

A coleta era feita com a utilização de uma serra desinfetada para retirada do fragmento ósseo de aproximadamente 20 g. Logo após a retirada o fragmento era identificado, armazenado em saco plástico e congelado a -20 °C.

4.5. DOSAGEM DE FÓSFORO NO OSSO

Após a remoção de todo o tecido mole e material medular, através de jatos de água deionizada, as amostras foram pesadas ao ar e na água, para obtenção do peso fresco e do volume, e secadas em estufa a 105° durante 12h (Figura 3). Após, foram desengorduradas com éter etílico no extrator soxlet durante 48 horas (Figura 4). Depois de desengorduradas, espalhou-se o osso para secar (aproximadamente 3 horas) até que o odor de éter não fosse mais detectado. As amostras então foram colocadas novamente para secar por 12 horas a 105 °C em estufa. Os ossos secos e livres de gordura foram pesados, para obtenção do peso seco desengordurado, e calcinados em mufla a 600 °C durante 12 horas (Figura 5). Após, as amostras calcinadas foram trituradas em gral e pistilo para obtenção das cinzas, que foram pesadas, amostradas entre 0,5 a 0,6 g e armazenadas em tubos de vidros estéreis (Adaptado de FICK et al. 1979).

As cinzas foram solubilizadas pela digestão com 3ml de HNO₃ supra-puro, a uma concentração de 65%, 1ml de H₂O₂, a uma concentração de 30% e 1 mL de HCL supra-puro, a uma concentração de 37%, e após foram diluídas com água deionizada, para formar soluções para análise de cálcio e fósforo (Adaptado das técnicas de NOMURA et al., 2005).



Figura 3 – Estufa para esterilização.

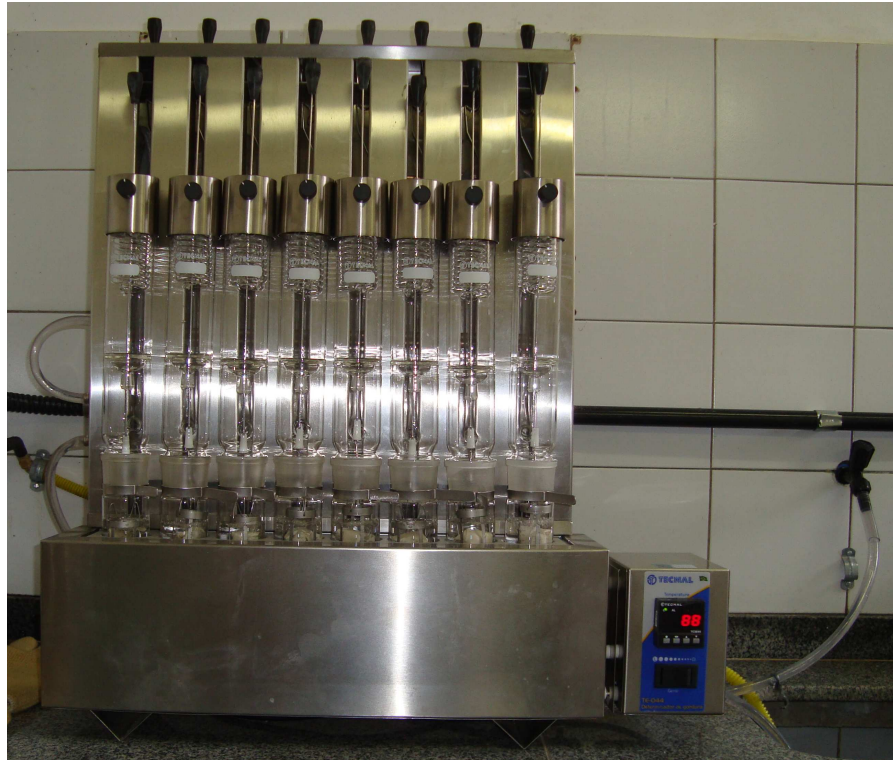


Figura 4 – Extrator de gordura soxlet.



Figura 5 – Mufla.

4.6. DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE ESPECÍFICA E DO PERCENTUAL DE CINZAS NO OSSO

O percentual de cinza óssea foi determinado de acordo com as recomendações de Mendes (1977). Todos os resultados foram expressos em percentagem, tendo como base a matéria seca livre de gordura. O cálculo da densidade óssea (d) foi efetuado em osso fresco a partir da pesagem das amostras ao ar (m) com posterior aferição do volume (v), sendo considerado: $d = m/v$, expresso em g/cm^3 , segundo descrição de Fick et al. (1979).

4.7. COLETA DE FÍGADO

As amostras de fígado foram coletadas nos matadouros, na linha de abate, e durante a realização das necropsias. Foram coletados fragmentos, de aproximadamente 200 g, do lobo caudal do fígado com uma faca de aço inoxidável. As amostras foram armazenadas em sacos plásticos, identificadas e congeladas a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

4.8. DETERMINAÇÃO DE COBRE, COBALTO E ZINCO NO FÍGADO

As amostras de fígado, depois de descongeladas, foram secas em estufa a $105\text{ }^{\circ}\text{C}$, pesadas em balança de precisão com peso que variava entre 0,5-0,6g (Figura 6 e 7) e acondicionadas em tubos de vidros estéreis de 5 ml. Posteriormente, as amostras foram submetidas a processos de digestão ácida e pré-tratamento químico, sendo digeridas em um sistema fechado, adicionando 7 ml de HNO_3 supra-puro, a uma concentração de 65%, e 0,5 ml de H_2O_2 a uma concentração de 30% e deixadas a temperatura ambiente por 12 horas. Na sequência, o processo de digestão foi complementado por aquecimento através de um forno de microondas MarsXpress – CEM Technology Inside durante 50 minutos (Figura 8). Após, as amostras foram aferidas ao volume final de 20 ml. Os brancos analíticos foram preparados pelo mesmo procedimento sem a adição da amostra (Adaptado das técnicas de NOMURA et al., 2005).



Figura 6 – Pesagem da amostra de fígado em balança de precisão.

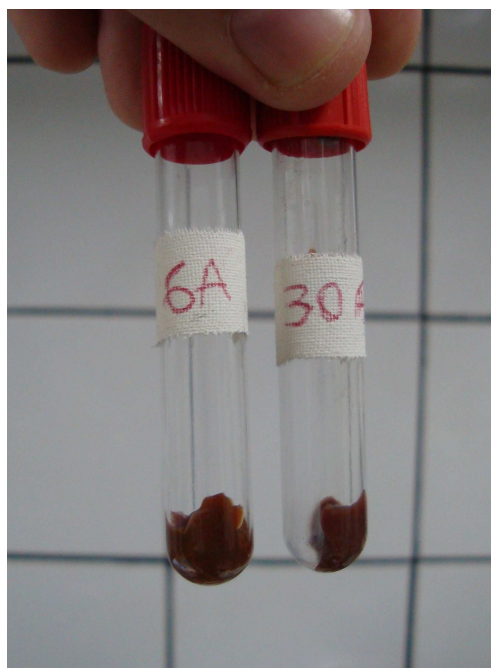


Figura 7 – Amostras de fígado acondicionadas em tubos de vidros estéreis e identificadas.



Figura 8 - Processo de digestão fechada através de um forno de microondas MarsXpress – CEM Tecnology Inside.

4.9. ANÁLISES ESPECTROMÉTRICAS

As determinações espectrométricas foram realizadas no laboratório de toxicologia da Seção de Meio Ambiente do Instituto Evandro Chagas, Belém - PA (SAMAM-IEC), órgão de pesquisa da Secretaria de Vigilância em Saúde do Ministério da Saúde (SVS/MS).

As determinações de cobalto, cobre e zinco foram realizadas através de Espectrometria de Emissão Ótica com Plasma Induzido (ICP OES), modelo Vista-MPX CCD simultâneo (Varian, Mulgrave, Austrália) (Figura 9), configuração axial e equipado com um sistema de amostragem automático (SPS-5). O controle das condições operacionais do ICP OES foi realizada com o software ICPExpert Vista (Adaptado das técnicas de NOMURA et al., 2005). Os limites de detecção desta metodologia foi de 0,003 ppm para cobalto, de 0,002 para cobre e de 0,002 para zinco. Todos os resultados das análises de fígado foram expressos em ppm, baseados na matéria seca de fígado.

O método analítico empregados para a determinação de fósforo obedeceu ao procedimento e recomendações descritas no Procedures Manual HACH-Espectrophotometer e foram determinados por espectrofotometria no equipamento DR2800 da HACH ® (HACH COMPANY, 2008). Todos os resultados foram expressos em porcentagem, baseados no osso seco livre de gordura.



Figura 9 - Espectrometria de Emissão Ótica com Plasma Induzido (ICP OES), modelo Vista-MPX CCD simultâneo (Varian, Mulgrave, Austrália).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todas as concentrações obtidas neste estudo foram comparadas com os valores de referência para a espécie bovina estipulados por Little (1972), Underwood (1977), McDowell; Conrad e Ellis (1984), Valdes; McDowell e Koger (1988) e Riet-Correa e Timm (2007) e estão descritas na tabela 2.

Os valores médios de fósforo no soro sanguíneo e no osso, da densidade óssea e do percentual de cinzas no tecido ósseo, e de cobre, cobalto e zinco no tecido hepático são apresentados na tabela 2.

Tabela 2 – Valores de referência para a espécie bovina e valores médios de fósforo no soro sanguíneo e no osso, da densidade óssea e do percentual de cinzas no tecido ósseo, e de cobre, cobalto e zinco no tecido hepático.

VARIÁVEIS	VALORES DE REFERÊNCIA*		MÉDIA E DP**
	Deficiente ou inferior	Sub-deficiente	
FÓSFORO (SORO) (mg/dl) ⁵	< 4,00	4,00 – 7,00	6,26 ± 1,81
FÓSFORO (OSSO) (%) ¹	< 11,50	-	10,77 ± 2,00
DENSIDADE ÓSSEA (g/ml) ⁴	< 1,69	-	1,59 ± 0,18
% DE CINZAS (%) ³	< 66,80	-	60,87 ± 2,17
COBRE (ppm) ²	< 100,00	50 – 100	5,57 ± 7,60
COBALTO (ppm) ²	< 0,05	0,05 - 0,12	0,36 ± 0,33
ZINCO (ppm) ²	< 100,00	-	27,05 ± 13,12

* Valores de referência para a espécie bovina

** Desvio padrão

¹ McDowell; Conrad e Ellis (1984)

² Underwood (1977)

³ Little (1972)

⁴ Valdes; McDowell e Koger (1988)

⁵ Riet-Correa e Timm (2007)

A quantidade e porcentagem dos animais deficientes, sub-deficientes e valores adequados de fósforo no soro sanguíneo e no osso, da densidade óssea e do percentual de cinzas no tecido ósseo, e de cobre, cobalto e zinco no tecido hepático estão dispostos na tabela 3.

Tabela 3 – Quantidade e porcentagem dos animais deficientes, sub-deficientes e valores adequados de fósforo no soro sanguíneo e no osso, da densidade óssea e do percentual de cinzas no tecido ósseo, e de cobre, cobalto e zinco no tecido hepático.

VARIÁVEIS	DEFICIENTE OU INFERIOR		SUB-DEFICIENTE		ADEQUADO	
	Quantidade	%	Quantidade	%	Quantidade	%
FÓSFORO (SORO) (mg/dl)	12	11,54	50	48,08	42	40,38
FÓSFORO (OSSO) (%)	51	57,30	-	-	38	42,70
DENSIDADE ÓSSEA (g/ml)	63	70,79	-	-	26	29,21
% DE CINZAS (%)	89	100	-	-	-	-
COBRE (ppm)	104	100	-	-	-	-
COBALTO (ppm)	25	24,04	29	27,88	50	48,08
ZINCO (ppm)	104	100	-	-	-	-

5.1. TEOR DE FÓSFORO INORGÂNICO NO SORO SANGUINEO

Na determinação do nível de fósforo inorgânico no soro sanguíneo observou-se média de $6,26 \pm 1,81$ mg/dl, sendo que 42 (40,38%) animais apresentaram valores normais, maior que 7 mg/dl, 50 (48,08%) apresentaram valores entre 4-7 mg/dl, sendo considerados sub-deficientes e 12 (11,54%) apresentaram valores menores que 4 mg/dl, caracterizando deficiência, levando-se em consideração os valores de referência para bovinos estipulados por Riet-Correa e Timm (2007). Estes valores foram semelhantes aos encontrados por Cardoso; Teixeira Neto e Veiga, (1994) em bubalinos em regime de pasto, no Estado do Pará, com idade de seis a quatorze meses, que verificaram médias de $6,30 \pm 1,81$ e $5,25 \pm 1,88$ mg/dl de fósforo, respectivamente, e por Oliveira et al. (2009), que encontraram média de $5,51 \pm 1,03$ mg/dl de fósforo em bubalinos adultos, criados extensivamente sem suplementação, dos municípios de Soure e Chaves na Ilha de Marajó.

Os níveis entre 4-7 mg/dl e menores que 4 mg/dl de fósforo inorgânico equivaleram juntos a 59,62 % dos animais estudados, demonstrando a ocorrência de baixos níveis séricos de fósforo em bubalinos da Ilha de Marajó. Níveis deficientes e sub-deficientes também foram observados por Lau (1988) estudando búfalos com sinais clínicos de deficiência de fósforo no Estado do Pará, com idade entre quatro e seis anos e por Barbosa et al. (2007) em estudo realizado em 157 amostras de soro sanguíneo de búfalos jovens e adultos, com sinais clínicos severos de deficiência de fósforo, de uma propriedade da Ilha de Marajó.

5.2. TEORES DE FÓSFORO, DENSIDADE ESPECÍFICA E PERCENTAGEM DE CINZAS NO OSSO

O valor médio de fósforo no osso foi de $10,77 \pm 2,00$ %, valor este inferior ao considerado como valor normal para a espécie bovina, que é de 11,5 % (McDOWELL; CONRAD; ELLIS, 1984). Verificou-se que 51 (57,30 %) animais apresentaram níveis baixos e 38 (42,70 %) animais estavam dentro da normalidade. Níveis semelhantes foram encontrados em um estudo realizado por Cardoso (1997) com búfalos deficientes de fósforo na Ilha de Marajó, que revelou média de 10,50 %. Valores médios baixo de fósforo no osso também foram observados por Sousa et al. (1985, 1986) em bovinos.

A média da densidade específica e do percentual de cinzas no tecido ósseo foi de $1,59 \pm 0,18$ g/ml e $60,87 \pm 2,17$ %, respectivamente. Estes teores são considerados inferiores aos de referência para bovinos, que é 1,69 g/ml para a densidade específica (VALDES; McDOWELL; KOGER, 1988) e 66,8 % para o percentual de cinzas (LITTLE, 1972). Verificou-se que 63 (70,79 %) animais apresentaram baixa densidade específica do osso e 26 (29,21 %) animais estavam dentro da normalidade. Verificou-se também que todos os animais apresentaram baixo percentual de cinzas no osso. Semelhantes resultados, também foram observados por Pereira e Cardoso (2009), em um estudo com 110 bubalinos deficientes em fósforo criados na Ilha de Marajó, que verificaram médias de 1,46 g/ml para a densidade específica e 60,24% no percentual de cinzas. Trabalhos realizados por Shupe et al. (1988) e Pereira et al. (2003), ressaltam a ocorrência da diminuição da densidade óssea em bubalinos e bovinos com deficiências de fósforo e cobre. Sousa et al. (1982) e Lisbôa et al. (1996) também relatam baixos índices de cinzas no osso de bovinos.

Considerando que os valores de densidade específica e o percentual de cinzas do osso estão diretamente relacionados ao *status* de fósforo no organismo animal, e que estes, assim como o nível de fósforo no osso e no soro sanguíneo estavam abaixo do limite crítico, observa-se que os bubalinos deste estudo apresentam baixa reservas de fósforo no organismo, caracterizando deficiência deste mineral.

5.3. TEORES DE COBRE, COBALTO E ZINCO NO FÍGADO

Das 104 amostras estudadas, 21 (20,19 %) na detecção do cobalto e 24 (23,07 %) na detecção de cobre apresentaram valores abaixo do limite de detecção da metodologia

empregada. Considerando que o limite de detecção é de 0,003 ppm para o cobalto e 0,002 ppm para o cobre e que segundo Underwood (1977), o nível crítico de cobalto é 0,05 ppm e de cobre é 100 ppm, constatamos que as amostras que não foram detectadas pela metodologia são deficientes nesses elementos.

O nível médio de cobre nas amostras que foram detectadas foi de $5,57 \pm 7,60$ ppm, sendo que todos os animais apresentaram níveis de cobre inferiores a 50 ppm, o que segundo Underwood (1977), caracteriza deficiência para este elemento. Estes valores são semelhantes aos encontrados por Cardoso (1997) e Pereira e Cardoso (2009) estudando bubalinos na Ilha de Marajó, que revelaram concentrações deficientes de cobre no fígado, com média de 5,7 e 19,51 ppm, respectivamente. Suttmoller et al. (1966) e Tokarnia et al. (1968) estudando amostras de fígado bovino na Ilha de Marajó, também encontraram níveis deficientes de cobre.

Os níveis detectados de cobalto no fígado apresentaram média de $0,36 \pm 0,33$ ppm, o que segundo Underwood (1977), é considerado dentro da normalidade, quando se compara com valores de referência para bovinos. No entanto, quando se considera também os níveis não detectados pela metodologia, que são inferiores a 0,05 ppm, observa-se que, segundo valores de referência estipulados por Underwood (1977), 25 (24,04 %) animais apresentaram níveis menores que 0,05 ppm, 29 (27,88 %) animais apresentaram níveis entre 0,05-0,12 ppm, e 50 (48,08 %) animais apresentaram níveis adequados de cobalto. Desta forma, quando avaliamos os níveis inferiores a 0,05 ppm e o níveis entre 0,05-0,12 ppm de cobalto, observamos que juntos, equivaleram a 51,92 % das amostras analisadas, demonstrando que a maioria dos animais estudados apresenta baixas reservas de cobalto no organismo. Valores adequados de cobalto no fígado de bubalinos da Ilha de Marajó foram observados por Cardoso (1997) que revelou média de 0,98 ppm, sendo que todas as amostras apresentavam níveis adequados de cobalto no fígado diferente do encontrados neste estudo. No entanto, estudos com níveis de cobalto em fígado bovino têm revelado deficiência desse elemento em São Paulo (CORREA, 1955, 1957; FERNANDES et al., 1976), Amapá, Espírito Santo (TOKARNIA et al., 1971), Amazonas, Pará (CAMARGO; FERNANDES; SANTIAGO, 1980; BARROS et al., 1981); Mato Grosso, Roraima, Amazonas, São paulo e Rio de Janeiro (MORAES; TOKARNIA; DÖBEREINER, 1999).

O valor médio de zinco foi de $27,05 \pm 13,12$ ppm, com valores que variaram de 12,07 a 76,11 ppm. Todos as amostras analisadas apresentaram valores menores que 100 ppm, sendo considerados inferiores quando comparados com níveis adequados para bovinos

(UNDERWOOD, 1977). Estes valores foram diferentes dos observados por Cardoso (1997) que encontrou níveis adequados de zinco no fígado de bubalinos na Ilha de Marajó, com uma média de 123,00 ppm. Camargo et al. (1985) trabalhando com bovinos no Estado do Pará, verificaram valores hepáticos de Zn dentro da normalidade. No entanto, Sousa e Darsie (1985) no Estado de Roraima e Moraes (1998) no Estado do Ceará e do Piauí, estudando bovinos, determinaram níveis de zinco no fígado abaixo do normal.

A partir das análises do tecido hepático dos bubalinos, verificou-se a ocorrência de deficiência de cobre, cobalto e zinco, pelos baixos teores destes elementos no fígado. Vale ressaltar que na determinação de cobre e zinco todos os animais estudados apresentaram níveis baixos, demonstrando uma maior gravidade nesses elementos.

Levando em consideração que os animais deste estudo foram criados de forma extremamente extensiva, nos campos naturais da Ilha de Marajó, que sabidamente possuem solos distróficos, pastagens nativas de baixa qualidade nutricional e quase sempre não se realiza suplementação mineral, justifica-se a ocorrência das deficiências de fósforo, cobre, cobalto e zinco nos bubalinos deste estudo.

Os anexos 1, 2, 3 e 4, discriminam os níveis de fósforo, densidade óssea, percentual de cinzas, cobre, cobalto e zinco das 104 amostras dos municípios de Breves, Cachoeira do Arari, Salvaterra e Soure.

6. CONCLUSÕES

Através dos dados obtidos nesse estudo foi possível concluir que:

- A análise dos baixos níveis de fósforo, no soro sanguíneo e no osso, da densidade específica e do percentual de cinzas no osso caracterizou a existência da deficiência de fósforo na Ilha de Marajó.
- Na determinação de cobalto, cobre e zinco no fígado, verificou-se que os bubalinos deste estudo apresentaram deficiência nestes elementos, sendo que as deficiências de cobre e zinco demonstraram maior gravidade, pois todos os animais estudados apresentaram níveis baixos.
- As determinações da densidade específica do osso e do percentual de cinzas óssea serviram como um bom indicativo no diagnóstico da deficiência de fósforo.
- É necessária a suplementação mineral com fósforo, cobre, cobalto e zinco aos bubalinos da Ilha de Marajó.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBOSA, J.D.; DUARTE, M.D.; OLIVEIRA, C.M.C. Confirmação da deficiência de fósforo em rebanho bubalino através da experimentação no Pará. In: **XI Congresso Latinoamericano de Buiatria, V Congresso Brasileiro de Buiatria e III Congresso Nordestino de Buiatria**. Salvador Bahia, 2003.

BARBOSA, J.D.; OLIVEIRA, C.M.C.; DUARTE, M.D.; ALBERNAZ, T.T.; OLIVEIRA C.A.; RIET-CORREA, G.; RIET-CORREA, F. Phosphorus deficiency in buffaloes in the state of Pará, northern Brazil. **Italian Journal of Animal Science**. v. 6, n. 2, p. 971-973. 2007.

BARBOSA, J.D.; OLIVEIRA, C.M.C.; DUARTE, M.D.; SILVEIRA, J.A.S. Doenças de búfalos na Amazônia in: **II Simpósio mineiro de Buiatria**. Belo Horizonte, Minas Gerais. 2005.

BARBOSA, N.G.S. Bubalinocultura no Estado do Pará. **Rev. Bras. Reprod. Anim**, Belo Horizonte, v.29, n.1, p. 34-38. 2005.

BARROS, N.N.; TEIXEIRA BRITO, L.; MORAES, E.; CANTO, A.C.; ITALIANO, E.C. Teores de minerais no complexo solo-planta-animal de áreas de terra firme do Amazonas. Manaus, **EMBRAPA-UEPAE**, (EMBRAPA-UEPAE, Comunicado Técnico 16), p. 3. 1981.

BAUER, A.C.; SANTOS, A.G.; MANCUSO, P.C. Algumas observações sobre uma doença de bovinos no município de Santa Vitória do Palmar. **III Conf.Soc.Vet.** Rio Grande do Sul, Porto Alegre, p. 153-161. 1964.

BENNETS, H.W.; BECK, A.B.; HARLEY, R. The pathogenesis of "falling disease". **Aust. Vet. J.** v. 24, p. 237-244. 1948.

BONDAN, E.F.; RIET-CORREA, F.; GIESTA, S.M. Níveis de cobre em fígados de bovinos no sul do Rio Grande do Sul. **Pesq. Vet. Bras.** v. 11, n. 3, p. 75-80. 1991.

BOYAZOGLU, P.A.; BARRETT, E.L.; YOUNG, E.; EBEDES, H. Liver mineral analysis as indicator of nutritional adequacy. Proc. **2nd World Conference of Animal Nutrition**, Madrid, p. 995-1008. 1972.

CAMARGO, W.V.A.; FERNANDES, N.S.; SANTIAGO, A.M.H. Estudos de elementos minerais de interesse pecuário em regiões da Amazônia legal. **Arquivos do Instituto Biológico de São Paulo**. v. 47, p. 83-111. 1980.

CAMARGO, W.V.A.; FERNANDES, N.S.; SANTIAGO, A.M.H. Pesquisa de minerais em bovinos no nordeste de Mato Grosso. **Anais XV Congr.Bras.Med.Vet.**, Rio de Janeiro, Resumo, p. 194-195. 1976.

CAMARGO, W.V.A.; SANTIAGO, A.M.H.; NAZÁRIO, W.; CHIBA, S. Teores de minerais de interesse pecuário em regiões da Polamazônia. **Revista Brasileira de Medicina Veterinária**. v. 7, n. 4, p. 188-124. 1985.

CARDOSO, E.C. Nutrição mineral em bubalinos e bovinos nos campos do Marajó, Estado do Pará: Cálcio, fósforo, cobre, cobalto, manganês, ferro e zinco. **Tese (mestrado)** - Universidade Federal do Pará, Centro de Ciências Biológicas, Curso de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, 1997.

CARDOSO, E.C.; PEREIRA, W.L.A. Mineral deficiency of buffaloes from Marajó Island, North of Brazil: current situation and perspectives. In: **Buffalo Symposium of Americas, 1**, 2002, Belém, PA. Proceedings... Belém: ABCB/APCB, 2002. p.47-55.

CARDOSO, E.C.; TEIXEIRA NETO, J.F.; DA VEIGA, J.B. Deficiência de cálcio e fósforo em bubalinos no município de portel estado do Pará, N° 135, **EMBRAPA**, Belém, 1997.

CARDOSO, E.E.; TEIXEIRA NETO, J.E; VEIGA, J.B. et al. Contribution of the study of calcium and phosphorus on buffaloes in Marajó island, Brazil. In: **WORLD BUFFALO CONGRESS, 4**, São Paulo, 1994. Proceedings ... São Paulo: FAO/FINEP, 1994. 363p. p.215-217.

CONRAD, J.H. Administração racional de suplementos minerais a nível de fazenda. **I Simpósio sobre Nutrição Mineral**, São Paulo, p. 57-67. 1984.

CONRAD, J.H.; McDOWELL, L.R.; ELLIS, G.L.; LOOSLI, J.K. Minerais para ruminantes em pastejo em regiões tropicais, Campo Grande, M.S., **EMBRAPA-CNPQC**, p. 90. 1985.

CORRÊA, R. Carência de cobalto em bovinos no estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 15, p. 309-313. 1955.

CORRÊA, R. Carência de cobalto em bovinos. **Arqs. Inst. Biológico**, São Paulo, v. 24, p. 199-227. 1957.

COSTA, J.B.D.; WOLF, G.; SOUSA, J.C.; COSTA, F.P. Suplementação mineral de novilhas neloradas em solo arenoso de mata e pastagens de capim-colonião. **Pesq. Agropec. Bras.** v. 27, n. 10, p. 1459-1466. 1992.

DAYRELL, M.S.; DÖBEREINER, J.; TOKARNIA, C.H. Deficiência de fósforo em bovinos na região de Brasília. **Pesq. Agropec. Bras.**, Sér. Vet. V. 8, p. 105-114. 1973.

DIRKSEN, G.; GRÜNDER, H.D.; STÖBER, M. **Medicina interna y cirugía del bovino**. 4.ed. Buenos Aires: Inter-Médica, v. 2, p. 790-796, 2005.

FALESI, I.C. O estado atual dos conhecimentos sobre os solos da Amazônia brasileira. **Boletim técnico do Instituto de Pesquisa e Experiência Agropecuária do Norte**. V. 54, p.17-66. 1972.

FERNANDES, N.S.; SANTIAGO, A.M.H. Pesquisa de minerais em bovinos no nordeste de Mato Grosso. **Anais XV Congr.Bras.Med.Vet.**, Rio de Janeiro, Resumo, p. 194-195. 1976.

FERNANDES, N.S.; SANTIAGO, A.M.H.; CAMARGO, W.V.A.; VIANNA, S.S.S. Níveis estacionais de cobre e de cobalto em tecido animal e vegetal. **Atualidades Veterinárias**, Porto Alegre, v. 5, n. 28, p. 24-27. 1976.

FICK, K.R.; McDOWELL, L.R.; MILES, P.H.; WILKINSON, N.S.; FUNK, J.D.; CONRAD, J.H. **Methods of mineral analysis for plants and animal tissues**. 3thed. Gainesville: University of Florida, 1979.

FURTADO, A.M.M. et al. Distribuição espacial das manchas de savana parque no município de Salvaterra, Ilha de Marajó, Pará. In: **VI Simpósio Nacional de Geomorfologia**, Goiânia, 2006.

GONZÁLEZ, F.H.; SILVA, S.C. **Introdução à Bioquímica Veterinária**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, p. 198. 2003.

GUIMARÃES, A.M.; SALIBA, E.O.S.; RODRIGUEZ, N.M.; MOREIRA, P.K. Variação sazonal de vitamina A, macro e microelementos no capim, plasma e fígado de novilhas Nelore, criadas em pastagens de capim braquiária (*Brachiaria decumbens*). **Arq.Bras.Med.Vet.Zootec**. v. 44, n. 1, p. 57-66. 1992.

HACH COMPANY – Procedures Manual – **Espectrophotometer DR-2800**: Edition 2, All Rights reservated: Printed in the Germany, 2008.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Rebanho efetivo**. 2006. Disponível em <[http:// www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)>. Acesso em: 15 de janeiro de 2009.

KENDALL, H.M.; GLENDINNING, R.M.; MACFADDEN, C.H.; LOGAN, R.F. **Introduction to physical geography**. Harcourt Brace Jovanovich, inc. New York. 1974.

LAU, H.D. Aspectos sobre desnutrição mineral em búfalos e método de tratamento. Belém: EMBRAPA-CPATU, (**EMBRAPA-CPATU. Boletim de Pesquisa, 89**). P. 14. 1988.

LEHNINGER, A.L.; NELSON, D.L.; COX, M.M. **Princípios de Bioquímica**. 2.ed. São Paulo: Sarvier, p. 839. 1995.

LISBÔA, J.A.N. et al. Resultados de patologia clínica e dosagens de elementos minerais em bovinos acometidos pelo botulismo epizoótico no Estado de São Paulo. **Pesq.Vet.Bras**. v. 16, n. 4, p. 91-97. 1996.

LITTLE, D.A. Bone biopsy in cattle and sheep for studies of phosphorus status. **Aust. Vet. J.**, v. 48, n. 12, p. 668-670, 1972.

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. **Arqs Esc. Vet. UFMG**, Belo Horizonte, v. 32, n. 2, p. 151-159. 1980.

MAYNARD, L.A.; LOOSLIE, J.K.; HINTZ, H.F.; WARNER, R.G. **Nutrição animal**. 3 ed. Rio de Janeiro. Editora Freitas Bastos, p. 736. 1984.

McDONALD, P.; EDWARDS, R.A.; GREENHALGH, J.F.D. et al. **Animal nutrition**. 6th ed. Pearson: Edinburgh, p. 693. 2002.

McDOWELL, L.R. & ARTHINGTON J.D. **Minerals for grazing ruminants in tropical regions**. Fourth edition, University of florida, p. 85. 2005.

McDOWELL, L.R. **Minerals in animal and human nutrition**. San Diego: Academic, p. 524. 1992.

McDOWELL, L.R.; CONRAD, J.H.; ELLIS, G.L. Mineral deficiencies and imbalances and their diagnosis. In: **Symposium on Herbivore Nutrition in Sub-Tropics and Tropics - Problems and Prospects** (Editors: F M C Gilchrist and R I Mackie) Pretoria, South Africa. 1984. p. 67-88.

MENDES, M.O. Mineral status of beef cattle in the northern part of Mato Grosso, Brazil, as indicated by age, season, and sampling technique. **Dissertation, University of Florida**, Gainesville. P. 236. 1977.

MILLER, W.J. & STAKE, P.E. Uses and limitations on biochemical measurements in diagnosing mineral deficiencies. **Proceedings Nutrition Conference for the Feed Industry**. Atlanta, Georgia, p. 25-43. 1974.

MORAES, S.S. Untersuchungen zu Abhängigkeiten der Zink, Mangan und Selengehalte in Lebern von Rindern aus ausgewählten Regionen Brasiliens. **Dissertation, Hannover**. P. 146. 1998.

MORAES, S.S.; SILVA, G.N.; DÖBEREINER, J. Microelementos minerais e a “cara inchada” dos bovinos. **Pesq.Vet.Bras.** v. 14, n. 1, p. 25-33. 1994.

MORAES, S.S.; TOKARNIA, C.H.; DÖBEREINER, J. Deficiências de microelementos em bovinos e ovinos em algumas regiões do Brasil. **Pesq.Vet.Bras.** v. 19, n. 1. 1999.

NICODEMO, M.L.F.; MORAIS, S.S.; THIAGO, L.R.L.S.; CAXIAS, E.L.; MACEDO, M.C.M.; PIRES, P.P.; MADRUGA, C.R.; VAZ, E.C.; BARROCAS, G.E. Metabolismo ósseo de vacas jovens Nelore em pastos de *Brachiaria brizantha* suplementadas ou não durante a seca com fósforo/cálcio e concentrado. **R. Bras. zootec.**, v. 34, n. 1, p. 316-326. 2005.

NOMURA, C.S.; SILVA, C.S.; NOGUEIRA, A.R.A.; OLIVEIRA, P.V. Bovine Liver Sample Preparation and Micro-homogeneity study for Cu and Zn Determination by Solid Sampling

Electrothermal Atomic Absorption Spectrometry. *Spectrochimica. Acta Part B*, v. 60, p. 673-680. 2005.

NRC. **Nutrient Requirements of Beef Cattle**. 7th ed. National Research Council, National Academy Press, Washington, DC. 1996.

NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7th. Ed., National Academy Press: Washington D.C., p. 381. 2001.

OLIVEIRA, C.H.S.; PINHEIRO, C.P.; CAMPOS, K.F.; REIS, A.S.B.; OLIVEIRA, C.M.C.; DUARTE, M.D.; BARBOSA, J.D. Serum levels of phosphorus in buffalos (*Bubalus bubalis*) from Marajó Island, Pará, Brazil.. In: **V America's Buffalo Symposium / IV Europe and America's Buffalo Symposium**, 2009, Pedro Leopoldo-MG. **V America's Buffalo Symposium / IV Europe and America's Buffalo Symposium**, 2009.

PARDO, P.E.; NETO, H.B.; CHIACCHIO, S.B. et al. Determinação de zinco da sola do casco de bovinos leiteiros com ou sem lesões podais, suplementados ou não com levedura seca de cana-de-açúcar. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.5, p.1501-1504. 2004.

PEIXOTO, P.V.; MORAES, S.S.; LEMOS, R.A. Ocorrência da paraqueratose hereditária (linhagem letal A-46) no Brasil. **Pesq. Vet. Bras.** v. 14, n. 2, p. 79-84. 1994.

PENNA, A.P., et al. Interação da deficiência de zinco no elo forrageira-bovino, no município de Ipirá, Bahia. **Anais da XX Reunião Anual da SBZ**, Pelotas, RS. Resumo, 1983.

PEREIRA, W.L.A. & CARDOSO, E.C.. Aspectos histológicos da osteoporose em bubalinos e a condição físico-química óssea e do cobre hepático. **Rev. Ciênc. Agrár.**, Belém, n. 51, p.25-36. 2009.

PEREIRA, W.L.A.; TÚRY, E.; VALE, W.G.; CARDOSO, E.C. Anatomical-pathological analysis of the bone quality in the diagnosis of osteodystrophy in buffaloes. **Bubalus Bubalis**, v. 2, p. 71-82, 2003.

RIET-CORREA, F. & TIMM, C.D. Deficiência de fósforo, p. 248-257. In: RIET-CORREA, F.; SHILD, A.L.; LEMOS, R.A.A.; BORGES, J.R.J. **Doenças de ruminantes e eqüídeos**. 3ª Ed. Pallotti, Santa Maria, vol. 2, p. 694. 2007.

RIET-CORREA, F.; BONDAN, E.F.; MÉNDEZ, 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. **Pesq. Vet. Bras.** v. 13, n. 3, p. 45-49. 1993.

RIET-CORREA, F. Carências minerais, p. 223-233. In: RIET-CORREA, F.; SHILD, A.L.; LEMOS, R.A.A.; BORGES, J.R.J. **Doenças de Ruminantes e Eqüídeos**. Santa Maria: Pallotti, vol.2, 694 p. 2007.

SHUPE, J.L.; BUTCHER, J.E.; CALL, J.W.; OLSON, A.E.; BLAKE, J.T. Clinical signs and bone changes associated with phosphorus deficiency in beef cattle. **American Journal Veterinary Research**, v. 49, n. 9, p. 1629-1636, 1988.

SOUSA, J.C. e DARSIE, G. Deficiências minerais em bovinos de Roraima, Brasil. I. Zinco e cobalto. **Pesq. Agropec. Bras.** v. 20, n. 11, p. 1309–1316. 1985.

SOUSA, J.C.; CONRAD, J.H.; MOTT, G.O.; McDOWELL, L.R.; AMMERMAN, C.B. Inter-relações entre minerais no solo, plantas forrageiras e tecido animal. 3. Manganês, ferro e cobalto. **Pesq. Agropec. Bras.** v. 16, n. 5, p. 739–746. 1981.

SOUSA, J.C.; CONRAD, J.H.; MOTT, G.O.; McDOWELL, L.R.; AMMERMAN, C.B. Inter-relações entre minerais no solo, plantas forrageiras e tecido animal no norte Mato Grosso. 4. Zinco, magnésio, sódio e potássio. **Pesq. Agropec. Bras.** v. 17, n. 1, p. 11–20. 1982.

SOUSA, J.C.; GOMES, R.F.C.; SILVA, J.M.; EUCLIDES, V.P.B. Suplementação mineral em novilhos de corte em pastagens adubadas com capim colômbio. **Pesq. Agropec. Bras.**, v. 20, n. 2, p. 259-69. 1985.

SOUSA, J.C.; GONÇALVES, E.M.; VIANA, J.A.C.; DARSIE G. Deficiências minerais em bovinos de Roraima, Brasil. III. Cálcio e fósforo. **Pesq. Agropec. Bras.** v. 21, n. 12, p. 1327-1336. 1986.

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

SUTMÖLLER, P.; ABREU, A.V.; GRIFT, J.; VAN DER; SOMBROEK, W.G. Mineral imbalances in cattle in the Amazon valley. Communication no. 53, **Dep. Agric. Res.**, Amsterdam. p. 135. 1966.

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

TOKARNIA, C.H.; DÖBEREINER, J.; CANELLA, C.F.C.; DÂMASO, M.N.R. Deficiência de cobalto em bovinos na Serra da Ibiapaba, no Estado do Ceará. **Arqs Inst. Biol. Animal**, Rio de J., v. 4, p. 195-202. 1961.

TOKARNIA, C.H.; CANELLA, C.F.C.; GUIMARÃES, J.A.; DÖBEREINER, J.; LANGENEGGER, J. Deficiência de fósforo em bovinos no Piauí. **Pesq. Agropec. Bras.** v. 5, p. 483-494. 1970.

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. **Pesq. Agropec. Bras.**, Sér. Vet. 6:61-77, 1971.

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

TOKARNIA, C.H.; GAVA, A.; PEIXOTO, P.V.; STOLF, L.; MORAES, S.S.A. “Doença do peito inchado” (edema da região esternal) em bovinos no estado de Santa Catarina. **Pesq. Vet. Bras.** v. 9, n. 3, p. 73-83. 1989.

TOKARNIA, C.H.; DÖBEREINER, J.; MORAES, S.S. et al. Deficiências e desequilíbrios minerais em bovinos e ovinos - revisão de estudos realizados no Brasil de 1987 a 1998. **Pesq. Vet. Bras.**, v.19, p.47-62. 1999.

TOKARNIA, C.H.; DÖBEREINER, J.; PEIXOTO, P.V.; CANELLA, C.F.C. Deficiências minerais em animais de fazenda, principalmente bovinos. **Pesq. Vet. Bras.** v. 20, n. 3, p. 127-138. 2000.

UNDERWOOD E.J. **Trace Elements in Human and Animals Nutrition.** 4th ed. Academic Press, New York. P. 545. 1977.

UNDERWOOD, E.J. The Mineral Nutrition of Livestock. 2nd ed. Commonwealth Agricultural Bureaux, **Farnham Royal**, England, p. 102-103. 1981.

UNDERWOOD, E.J.; SUTTLE, N.F. **The mineral nutrition of livestock.** 3.ed. Wallingford: Cabi Publishing, p. 614. 1999.

VALDES, J.L.; McDOWELL, L.R.; KOGER, M. Mineral status and supplementation of grazing beef cattle under tropical conditions in Guatemala. I. Macroelements. **Journal of Production Agriculture**, v. 1, n. 4, p. 347-350, 1988.

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

VILLARES, J. B. & SILVA, H. M. T. Contribuição para o estudo das carências minerais em bovinos no estado de São Paulo. **Bol. Ind. Anim. São Paulo.** Nova Série v. 15, p. 5-22. 1955.

Anexo 1 – Níveis de fósforo inorgânico no soro sanguíneos (Pi) e no osso (P), de densidade óssea (DO) e percentagem de cinzas no osso e níveis hepáticos de Cobalto (Co), Cobre (Cu) e Zinco (Zn) dos animais estudados no município de Breves, Ilha de Marajó.

	Amostras																				Média	DP*
	61	62	63	64	65	66	67	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89		
Pi (mg/dl)	5,2	6,6	3,2	7,2	7,0	7,0	4,5	6,3	6,5	6,8	7,9	7,3	8,2	7,6	6,9	8,8	6,5	5,7	5,3	6,3	6,5	1,3
DO (g/ml)	1,36	1,39	1,43	1,61	1,51	1,51	1,44	1,74	1,39	1,43	1,52	1,43	1,53	1,51	1,50	1,44	1,43	1,49	1,53	1,63	1,49	0,09
Cinzas (%)	59,79	60,42	59,33	62,47	60,46	63,21	63,92	56,32	58,23	61,02	61,44	60,08	58,22	57,75	59,78	58,92	61,03	61,67	57,10	60,70	60,09	1,98
P (%)	9,20	12,08	11,28	9,32	10,27	9,11	9,26	11,68	8,22	8,86	13,64	9,81	9,84	8,92	8,16	8,77	9,47	7,57	7,51	7,60	9,53	1,60
Co (ppm)	0,03	0,65	0,08	0,04	0,12	0,72	0,48	0,97	0,56	0,72	0,85	0,27	0,12	1,06	0,15	< LD	0,78	0,08	0,38	1,13	0,48	0,37
Cu (ppm)	3,34	4,94	5,38	4,86	1,18	< LD	3,13	3,55	4,32	< LD	1,94	< LD	9,75	10,42	< LD	0,96	< LD	13,76	< LD	1,77	4,95	3,81
Zn (ppm)	27,78	28,81	47,76	34,22	33,54	21,25	24,02	59,47	48,80	50,34	45,94	28,49	53,73	33,62	56,17	58,05	44,71	51,95	76,11	38,64	43,17	14,21

* - Desvio Padrão.

< LD – Valor abaixo do limite de detecção da metodologia utilizada.

Anexo 2 – Níveis de fósforo inorgânico no soro sanguíneos (Pi) e no osso (P), de densidade óssea (DO) e percentagem de cinzas no osso e níveis hepáticos de Cobalto (Co), Cobre (Cu) e Zinco (Zn) dos animais estudados no município de Cachoeira do Arari, Ilha de Marajó.

	Amostras																				Média	DP*
	68	69	70	71	72	73	74	75	76	90	91	92	93	94	95	96	101	102	103	104		
Pi (mg/dl)	5,2	6,7	3,5	4,6	7,8	4,2	2,7	8,5	7,1	8,7	7,9	5,3	6,3	7,1	8,5	4,1	5,2	4,6	4,5	3,6	5,69	1,86
DO (g/ml)	1,46	1,53	1,53	1,50	1,57	1,55	1,59	1,57	1,39	1,26	1,58	1,69	1,72	1,41	1,48	1,32	1,23	1,82	1,48	1,28	1,50	0,15
Cinzas (%)	62,74	61,93	64,95	60,42	66,19	60,61	58,65	61,41	61,73	62,26	61,86	62,13	61,83	61,87	62,58	60,18	55,80	60,49	57,92	59,64	61,26	2,28
P (%)	7,91	8,80	10,88	8,03	9,69	12,69	9,23	8,40	10,21	7,82	8,43	8,83	7,27	7,88	7,42	8,65	10,55	11,71	10,85	11,47	9,34	1,58
Co (ppm)	0,55	0,08	0,90	0,05	0,27	0,30	0,87	0,80	0,69	0,05	0,17	1,23	0,78	1,08	0,44	0,10	0,06	0,35	0,49	< LD	0,49	0,37
Cu (ppm)	< LD	2,57	1,63	< LD	1,73	< LD	1,69	< LD	3,76	3,39	2,43	3,86	3,53	1,07	1,92	1,12	10,24	16,10	1,92	11,06	4,25	4,33
Zn (ppm)	18,97	26,58	29,11	38,17	42,37	38,07	31,42	36,21	30,53	19,30	26,60	19,54	31,43	19,75	19,23	31,36	41,79	28,67	36,53	27,42	29,65	7,64

* - Desvio Padrão.

< LD – Valor abaixo do limite de detecção da metodologia utilizada.

Anexo 3 – Níveis de fósforo inorgânico no soro sanguíneos (Pi) e no osso (P), de densidade óssea (DO) e percentagem de cinzas no osso e níveis hepáticos de Cobalto (Co), Cobre (Cu) e Zinco (Zn) dos animais estudados no município de Salvaterra, Ilha de Marajó.

	Amostras																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Pi (mg/dl)	7,6	2,5	7,1	8,5	3,2	8,1	8,5	5,3	7,5	3,6	2,7	8,0	9,0	6,0	6,6	7,3	7,3	4,0	9,1	7,9	6,6	8,9
DO (g/ml)	1,86	1,60	1,49	1,72	1,89	1,55	1,57	1,63	1,62	1,90	1,61	1,91	1,71	1,56	1,79	1,23	1,82	1,94	1,61	1,51	1,90	1,49
Cinzas (%)	61,72	63,14	63,48	62,10	61,60	63,16	64,09	64,02	62,31	63,65	60,42	63,37	63,19	60,79	61,62	60,90	60,83	60,36	62,50	62,47	62,34	60,78
P (%)	11,74	11,07	11,10	11,80	11,56	11,59	14,50	12,51	12,08	11,41	10,91	11,28	12,72	12,02	12,69	12,23	10,03	11,65	12,69	12,36	11,50	13,21
Co (ppm)	< LD	0,22	0,07	0,19	0,11	0,07	< LD	< LD	0,32	< LD	< LD	0,32	0,07	0,07	0,35	0,11	0,27	0,06	0,11	0,08	0,43	< LD
Cu (ppm)	2,54	0,74	2,05	< LD	1,27	19,52	2,14	< LD	6,53	1,34	< LD	1,29	< LD	2,75	3,87	5,83	4,92	13,98	15,92	< LD	4,32	< LD
Zn (ppm)	21,85	29,46	27,83	18,15	23,94	20,02	32,13	25,34	18,44	15,69	17,85	18,17	15,38	17,59	27,02	22,88	28,83	20,49	13,76	26,06	15,03	14,90

	Amostras					
	23	24	25	26	Média	DP*
Pi (mg/dl)	5,3	6,5	4,5	6,1	6,45	2,00
DO (g/ml)	1,98	1,66	1,58	1,40	1,67	0,19
Cinzas (%)	59,09	63,93	55,72	60,48	61,85	1,84
P (%)	14,04	12,23	12,26	11,93	12,04	0,95
Co (ppm)	< LD	0,35	0,56	0,16	0,18	0,12
Cu (ppm)	3,27	1,10	0,62	< LD	5,56	5,76
Zn (ppm)	19,81	27,75	13,84	17,11	21,40	5,45

* - Desvio Padrão.

< LD – Valor abaixo do limite de detecção da metodologia utilizada.

Anexo 4 – Níveis de fósforo inorgânico no soro sanguíneos (Pi) e no osso (P), de densidade óssea (DO) e percentagem de cinzas no osso e níveis hepáticos de Cobalto (Co), Cobre (Cu) e Zinco (Zn) dos animais estudados no município de Soure, Ilha de Marajó.

	Amostras																					
	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	49	50
Pi (mg/dl)	8,2	9,0	8,0	8,4	3,6	4,3	5,8	8,2	7,1	6,4	7,9	5,2	5,5	7,5	6,0	7,5	5,3	3,9	4,0	4,1	8,5	4,7
DO (g/ml)	1,66	1,58	1,95	1,91	1,87	1,50	1,84	1,65	1,59	1,51	1,73	1,75	1,35	1,50	1,64	1,62	1,78	1,98	1,75	-	-	-
Cinzas (%)	61,51	56,58	61,37	61,86	64,66	62,16	55,35	61,07	59,48	60,71	60,63	60,01	59,22	61,57	60,11	59,71	61,12	62,53	60,82	-	-	-
P (%)	11,16	11,28	14,99	13,37	14,16	12,11	12,20	11,25	9,38	10,61	14,50	10,58	14,13	14,47	12,05	11,62	12,17	12,63	12,33	-	-	-
Co (ppm)	0,06	0,07	0,04	0,15	0,36	< LD	0,09	0,06	0,24	0,58	0,30	0,64	0,97	0,89	< LD	< LD	0,10	0,65	0,06	< LD	< LD	< LD
Cu (ppm)	5,98	6,95	8,89	< LD	1,08	1,30	< LD	1,30	1,34	1,75	< LD	1,16	2,79	2,18	1,07	< LD	3,78	2,68	8,94	0,71	1,29	< LD
Zn (ppm)	13,49	17,85	13,02	21,79	16,02	17,95	20,62	20,73	13,51	12,07	14,07	15,25	20,81	15,22	16,98	15,97	14,37	14,59	13,22	27,51	20,70	26,23

	Amostras															Média*	DP**
	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	97	98	99	100			
Pi (mg/dl)	9,8	5,5	7,9	7,4	6,3	5,6	7,2	7,2	6,5	9,7	5,7	4,2	2,3	6,0	6,30	1,86	
DO (g/ml)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,20	1,77	1,76	1,67	1,68	0,19
Cinzas (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	56,42	57,89	57,53	60,72	60,13	2,18
P (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8,25	8,40	7,11	9,32	11,66	2,14
Co (ppm)	0,05	0,07	< LD	0,60	< LD	0,05	< LD	0,45	< LD	0,04	0,05	< LD	< LD	0,98	0,33	0,31	
Cu (ppm)	4,32	< LD	2,62	3,98	4,84	3,89	8,95	2,67	4,35	< LD	31,25	29,06	7,27	49,61	3,27	2,72	
Zn (ppm)	13,58	20,85	19,65	14,99	18,18	19,07	17,55	18,99	16,25	17,85	60,43	58,94	36,96	40,64	17,56	4,58	

* - Os valores médios foram calculados baseados nas amostras que tiveram níveis detectados na metodologia.

** - Desvio Padrão.

< LD – Valor abaixo do limite de detecção da metodologia utilizada.

- Não houve coleta de osso dos animais 46 até o animal 60.