

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS VETERINÁRIAS**

CARACTERIZAÇÃO DO PERFIL MINERAL EM BOVINOS DE CORTE EM
CACHOEIRA DO SUL (REGIÃO DA DEPRESSÃO CENTRAL DO RIO
GRANDE DO SUL)

STELLA DE FARIA VALLE

PORTO ALEGRE
Agosto/2002

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS VETERINÁRIAS**

**CARACTERIZAÇÃO DO PERFIL MINERAL EM BOVINOS DE CORTE EM
CACHOEIRA DO SUL (REGIÃO DA DEPRESSÃO CENTRAL DO RIO
GRANDE DO SUL)**

Autor: Stella de Faria Valle, Médica Veterinária

Dissertação apresentada como requisito para obtenção do grau de Mestre em Ciências Veterinárias na área de Patobiologia Aplicada à Veterinária

Orientador: Prof. Dr. Félix Hilario Diaz González

PORTO ALEGRE
2002

*Caminhe resolutamente no
sentido do seu progresso, e nenhuma
voz malévola chegará a seus ouvidos.*
(Minutos de Sabedoria)

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço aos meus pais e irmãos pelo apoio, carinho e compreensão sem os quais não teria força para cumprir meus objetivos.

Ao meu noivo Geraldo pelo carinho, cumplicidade e incentivo que mesmo distante foram transmitidos.

Ao professor Félix González pela orientação, confiança e conhecimentos transmitidos desde a iniciação científica.

Aos proprietários das fazendas Duplo D, São José, Entre Rios e Santo Antônio por cederem o espaço para a realização deste trabalho.

Às bolsistas de iniciação científica Bia, Luciana Lacerda e Cíntia pelo companheirismo e a dedicação.

Ao acadêmico Dimas Rocha pelo auxílio e dedicação dispensados para a realização do experimento.

Ao Rômulo Campos e Verônica Lima pelo auxílio nas análises.

Aos colegas da Faculdade de Agronomia Daniel, André, Nilton e Maurício pelo apoio e aos bons momentos.

Às minhas amigas Jô, Lú e Adri pelo companheirismo e a grande amizade que há entre nós.

Aos colegas Grace Ligocki, Ivan Gonçalves, Cíntia Fabretti, Ana Luisa Lorandi e Marcinha Brites pelo apoio, coleguismo e compreensão sempre dispensados.

À Dra Véra Wald pelo auxílio e elaboração da análise estatística.

As secretárias do Programa de Pós Graduação pela disposição e colaboração.

Ao Dr. Ricardo da Tortuga Cia Zootécnica Agrária que gentilmente proporcionou as determinações de tiroxina.

Ao Sr Victor da Serrana Nutrição Animal pelo apoio nas análises das pastagens.

Ao Laboratório de Análises de Solos da Faculdade de Agronomia coordenado pelo Prof. Clésio, em especial, à Lisandra e ao Daniel pela competência e a dedicação.

Ao Laboratório de Radioimunoanálise do Hospital de Clínicas de Porto Alegre em especial ao Sr. Jesus.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de estudos de iniciação científica e de pós-graduação.

Em especial, à Universidade Federal do Rio Grande do Sul por mais uma vez ter me proporcionado um ensino PÚBLICO, GRATUITO E DE QUALIDADE.

Enfim, a todos que me acompanharam nesta jornada e que de alguma maneira colaboraram com sugestões ou críticas, meu sincero MUITO OBRIGADO.

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| LISTA DE TABELAS..... | 07 |
| LISTA DE FIGURAS..... | 08 |
| RESUMO..... | 09 |
| ABSTRACT..... | 10 |
| 1 INTRODUÇÃO..... | 11 |
| 2 OBJETIVOS..... | 15 |
| 3 REVISÃO DE BIBLIOGRAFIA..... | 16 |
| 3.1 Os minerais no organismo animal..... | 16 |
| 3.1.1 Macrominerais..... | 18 |
| 3.1.2 Microminerais..... | 27 |
| 3.2 Exigências de minerais em bovinos de corte..... | 39 |
| 3.3 Deficiências de elementos minerais..... | 40 |
| 3.4 Deficiências minerais no Brasil..... | 41 |
| 3.5 Deficiências minerais no Rio Grande do Sul..... | 43 |
| 3.6 Diagnóstico de deficiências minerais..... | 43 |
| 3.7 Minerais nas pastagens..... | 45 |
| 4 MATERIAIS E MÉTODOS..... | 47 |
| 4.1 Caracterização da Região da Depressão Central do Rio Grande do Sul | 47 |
| 4.2 Caracterização das propriedades..... | 48 |
| 4.3 Obtenção das amostras de sangue..... | 50 |
| 4.4 Coleta de saliva e determinação de Na e K..... | 50 |
| 4.5 Análise bioquímica dos fluidos biológicos..... | 52 |
| 4.6 Análise das pastagens..... | 53 |
| 4.8 Valores de referência dos minerais estudados..... | 53 |
| 4.9 Análises de dados..... | 55 |
| 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 56 |
| 5.1 Caracterização do perfil mineral..... | 56 |
| 5.2 Macrominerais..... | 56 |
| 5.3 Microminerais..... | 65 |
| 6 CONCLUSÕES..... | 72 |
| BIBLIOGRAFIA CITADA..... | 74 |
| ANEXO A (Tabelas dos minerais analisados)..... | 81 |
| ANEXO B (Análise estatística)..... | 84 |

LISTA DE TABELAS

| | | |
|--------------------|--|----|
| TABELA 1 - | Funções metabólicas mais importantes dos macrominerais | 17 |
| TABELA 2 - | Funções metabólicas mais importantes dos microminerais..... | 17 |
| TABELA 3 - | Exigências de elementos minerais e o valor máximo tolerável para bovinos de corte..... | 40 |
| TABELA 4 - | Características das propriedades estudadas em Cachoeira do Sul, Região da Depressão Central do Rio Grande do Sul..... | 49 |
| TABELA 5 - | Indicadores do perfil de minerais em bovinos de corte e valores de referência..... | 54 |
| TABELA 6 - | Valores médios e de desvio padrão de fósforo inorgânico no plasma de vacas de corte e em pastagem nativa em 4 períodos do ciclo produtivo na Região da Depressão Central do Rio Grande do Sul..... | 57 |
| TABELA 7 - | Valores médios e de desvio padrão de cálcio sérico de vacas de corte e em pastagem nativa em 4 períodos do ciclo produtivo na Região da Depressão Central do Rio Grande do Sul..... | 60 |
| TABELA 8 - | Valores médios e de desvio padrão da relação Ca:P de vacas de corte e em pastagem nativa em 4 períodos do ciclo produtivo na Região da Depressão Central do Rio Grande do Sul..... | 62 |
| TABELA 9 - | Valores médios e de desvio padrão de Na, K e relação Na:K na saliva mista em vacas de corte em 3 períodos do ciclo produtivo na Região da Depressão Central do Rio Grande do Sul..... | 63 |
| TABELA 10 - | Valores médios e de desvio padrão de zinco no plasma de vacas de corte e em pastagem nativa em 4 períodos do ciclo produtivo na Região da Depressão Central do Rio Grande do Sul..... | 65 |
| TABELA 11- | Valores médios e de desvio padrão de cobre no plasma de vacas de corte e em pastagem nativa em 4 períodos do ciclo produtivo na Região da Depressão Central do Rio Grande do Sul..... | 67 |
| TABELA 12- | Valores médios e de desvio padrão da atividade da enzima GSH-Px no sangue de vacas de corte em pastagem nativa em 4 períodos do ciclo produtivo na Região da Depressão Central do Rio Grande do Sul..... | 69 |
| TABELA 13- | Valores médios e de desvio padrão de tiroxina (T ₄) no sangue de vacas de corte em pastagem nativa em 4 períodos do ciclo produtivo na Região da Depressão Central do Rio Grande do Sul..... | 71 |

LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1** - Efetivo do rebanho bovino gaúcho em milhões de cabeças de gado, dividido em regiões segundo IBGE (1997)..... **12**
- FIGURA 2** - Método de obtenção de saliva mista nas vacas da Região da Depressão Central do Rio Grande do Sul..... **51**
- FIGURA 3** - Aparato utilizado para a coleta de saliva mista de bovinos..... **51**

CARACTERIZAÇÃO DO PERFIL MINERAL EM BOVINOS DE CORTE EM CACHOEIRA DO SUL (REGIÃO DA DEPRESSÃO CENTRAL DO RIO GRANDE DO SUL)

STELLA DE FARIA VALLE¹

Félix H. Diaz González (Orientador – UFRGS)

Banca examinadora:

Júlio Otávio Jardim Barcellos UFRGS

Marcelo Cecim UFSM

Sérgio Ceroni da Silva UFRGS

RESUMO

Os minerais são de extrema importância no metabolismo geral e no desempenho produtivo e reprodutivo dos animais a campo. Atualmente no Rio Grande do Sul, há poucos relatos sobre o diagnóstico de deficiências de minerais através da análise de macro e microelementos em fluidos biológicos. As informações disponíveis limitam-se ao diagnóstico clínico de deficiências isoladas e à análise de elementos nas pastagens, que sugerem deficiências subclínicas de alguns elementos minerais. A região da Depressão Central é caracterizada pela produção extensiva em campo nativo com manejo precário da suplementação mineral. A incidência de baixos níveis de alguns elementos nas pastagens contribuiu para a escolha da região. Os objetivos do presente trabalho foram: (a) determinar o perfil mineral em quatro períodos importantes do ciclo produtivo de matrizes (monta, repasse de touros, final da gestação e início da lactação); (b) diagnosticar possíveis deficiências minerais em vacas de corte na região da Depressão Central mediante a dosagem dos seguintes indicadores no sangue: Pi, Ca, Cu, Zn, glutathion peroxidase (Se) e tiroxina (I). Na saliva foram dosados Na e K. (c) correlacionar os indicadores com os teores de minerais na pastagem nativa. Para isso, foram obtidas amostras de sangue e saliva em 4 propriedades no município de Cachoeira do Sul totalizando 112 animais (28 por período). O perfil indicou deficiência marginal de P, Na, I e Se em todos os períodos. As médias de Cu e Zn estiveram dentro das referências enquanto que os de K na saliva mista estiveram elevados. O Ca sérico apresentou-se diminuído embora os teores nas pastagens estivessem elevados. Foi constatada baixa correlação entre os níveis de minerais no sangue/saliva e na pastagem de todos os elementos. Os períodos mais afetados foram o final da gestação e início da lactação indicando que essas categorias possuem maior necessidade fisiológica.

Descritores: perfil mineral; saliva; glutathion peroxidase; tiroxina; vacas de corte; Rio Grande do Sul.

¹ Dissertação de Mestrado (Especialidade Patologia Clínica) defendida em agosto de 2002. Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias da UFRGS. e-mail: stellve@terra.com.br

ABSTRACT

MINERAL PROFILE CHARACTERIZATION IN BEEF CATTLE FROM SOUTHERN BRAZIL.

Minerals play an important role in the metabolism and in the production and reproductive performance of animal raised on extensive grassland. Presently, in the state of Rio Grande do Sul (southern Brazil) there is a lack of information on macro and micro elements mineral deficiency throughout the analysis of biological fluids. Information available in this field reports only individual cases of mineral deficiency and analysis of elements on pastures. The level of mineral found on pasture suggests the presence of non-clinical mineral deficiency of some elements in either some seasons of the year or on the different animal categories of the State herds. The Central Valley Region, the third most important social and economically of the State cattle industry, is characterised by extensive production on natural pasture, with quite poor mineral supplementation. The low mineral level found on pastures in this area, detected by previous works, suggest further investigation. The main aims of this work were: (a) to detect possible mineral deficiency in beef cows by determining Pi, Ca, Cu, Zn, Se (glutathion peroxidase) and I (T₄) in blood and Na and K in saliva; (b) to check the possible relationships with the mineral level on pasture; (c) to detect the mineral profile on four different periods of the productive circle (IA, clean up bulls, end of gestation period and beginning of lactation). A total of seven blood and saliva samples were collected from each of four herds of Cachoeira do Sul county on four different periods. The results showed marginal deficiencies of Pi, Na, I and Se in all periods of the year. Mean values of Cu and Zn were among normal levels but the K level was above the reference level. The Ca serum level was always bellow normal and could be related to the low protein ingestion and high Mg pasture level. Finally, only a low relationship was found between mineral level on blood/saliva and pasture levels. Most critical periods were end of gestation and beginning of lactation, suggesting a relationship with the physiological need of those periods.

Key words: mineral profile; saliva; glutathion peroxidase; tiroxine; beef cows; southern Brasil.

1. INTRODUÇÃO.

A produção de bovinos de corte no Brasil avança a cada ano em função do aumento crescente da população mundial. Atualmente, o Brasil possui o 2º maior rebanho em número de cabeças (155 milhões) e o 1º rebanho comercial do mundo, ocupando 221 milhões de hectares do território nacional. No ano de 2000 foram exportadas aproximadamente 600 mil toneladas de carne, tornando-se o 3º país em exportação mundial. Entretanto, em relação à produtividade fica em 4º lugar (Cachapuz, 2001).

No Estado do Rio Grande do Sul, a pecuária de corte ocupa uma área de 16 milhões de hectares, o que representa 56% da área total do Estado, sendo que 350 mil produtores trabalham no setor (Cachapuz, 2001). No contexto brasileiro, o rebanho gaúcho ocupa o 4º lugar, com aproximadamente 13 milhões de cabeças, sendo superado por Minas Gerais (20,5 milhões), Mato Grosso do Sul (19,2 milhões) e Goiás (18 milhões).

Segundo o IBGE (1997), as 13,7 milhões de cabeças de gado do Rio Grande do Sul estão divididas em 7 regiões como pode ser observado na Figura 1.

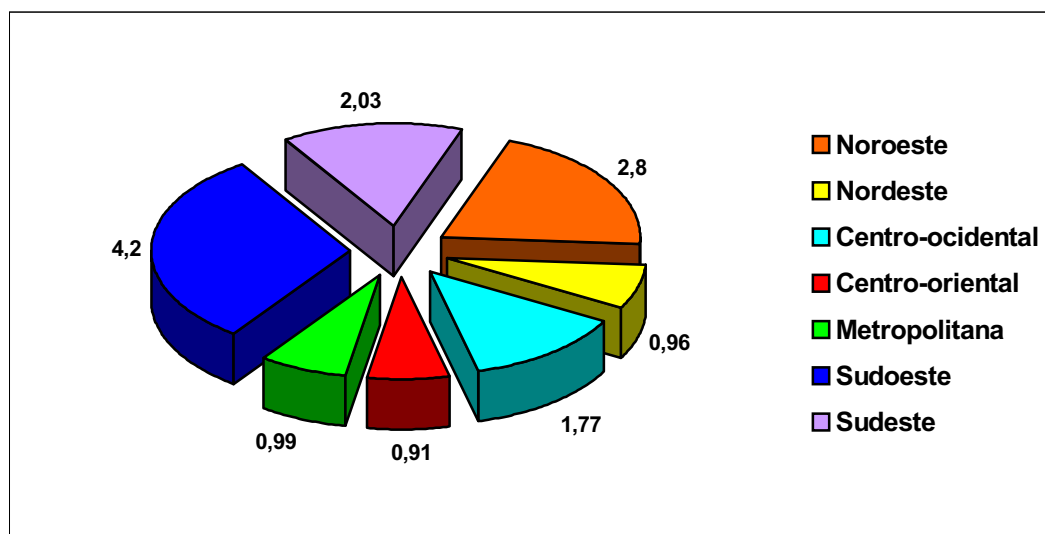


FIGURA 1 - Efetivo do rebanho bovino gaúcho em milhões de cabeças de gado, dividido em regiões segundo IBGE (1997).

Neste estado, o problema não difere do resto do país visto que o tipo de produção é predominantemente extensivo sobre pastagens nativas composta de espécies estivais, geralmente sem suplementação mineral orientada (Cachapuz, 2001). As espécies de pastagens predominantes são 75% naturais (Maraschin, 1998), no geral, de baixa produtividade, limitadas nos teores de proteína e de minerais e, via de regra, com altos teores de fibra não digerível, que afeta negativamente a digestibilidade de alguns componentes (Cavalheiro & Trindade, 1992).

Em vista desta situação, os índices técnicos do rebanho gaúcho deixam a desejar. As taxas de natalidade em múltiparas e primíparas encontram-se abaixo dos índices considerados ideais para a pecuária de corte. Quanto ao desfrute, a taxa permanece em torno de 21 a 24% (Barcellos, J. – Comunicação Pessoal).

Ospina & Silveira (1999) atribuem esses baixos índices à fome crônica que as vacas enfrentam decorrente da falta de adequação entre as exigências nutricionais e o

manejo alimentar do rebanho. Eles relacionam este problema com o fato de 80% da produção anual de matéria seca das pastagens nativas estarem concentradas nos meses de setembro a fevereiro enquanto que nos meses de inverno há decréscimo de produtividade com o consumo de reservas corporais.

Perdas de até 30% do peso dos animais no inverno associadas à queda da qualidade do campo nativo, devido às baixas temperaturas e alta umidade do período, e à falta de suplementação mineral dirigida às necessidades do rebanho, constituem importantes fatores responsáveis pela baixa produção existente (Barcellos *et al.*, 1999).

É evidente que estas projeções passam a exigir do setor pecuário atitudes para elevar a produção e a produtividade do rebanho de corte do Estado através da utilização de processos tecnológicos gerados pela pesquisa. Nesse sentido, vários pesquisadores têm realizado levantamentos em diversas áreas procurando otimizar a produção, entre os quais, a observação de carências minerais e suas conseqüências na produção de bovinos mantidos em pastagem nativa. Este aspecto tem sido muito relevante, pois deficiências marginais de macro e microelementos prejudicam os índices produtivos e reprodutivos do rebanho (Ospina & Silveira, 2000).

Em uma revisão sobre desequilíbrios de minerais no Rio Grande do Sul, Tokarnia *et al.* (1999) indicam deficiências de fósforo (Bauer *et al.*, 1964; Tokarnia & Döbereiner, 1978), cobre (Bauer *et al.*, 1964; Bondan *et al.*, 1991; Moraes *et al.*, 1999; Riet-Corrêa *et al.*, 1993), selênio (Barros *et al.*, 1988), bem como excesso de molibdênio, o que favorece a deficiência de cobre pelas interações destes minerais (Moraes *et al.*, 1999). Entre 1976 a 1987 houve uma pausa em relação às publicações sobre deficiências minerais no Rio Grande do Sul. Não existem trabalhos sobre

desequilíbrios de outros minerais que têm sido declarados como deficitários em outras regiões do Brasil e do mundo, particularmente sódio, iodo, cobalto e zinco.

A maioria das deficiências minerais não manifesta sinais clínicos específicos, principalmente quando são carências marginais. Manifestações de carência mineral, tais como alterações no desenvolvimento e na performance reprodutiva, podem ser confundidas com deficiências de proteína e/ou energia ou com parasitismos (Underwood & Suttle, 1999).

A estratégia para a identificação de deficiências de minerais em animais deve incluir análises em pastagens, tecidos e sangue dos animais sob estudo, além da observação de respostas biológicas à suplementação mineral (Tokarnia *et al.*, 1988). As análises de minerais no alimento consumido são sempre preferíveis às análises do solo, devido à correlação tão variável entre a concentração do mineral entre o solo e a planta. Determinações de minerais ou medição de indicadores metabólicos relacionados em tecidos e/ou fluidos dos animais são preferíveis para demonstrar mais acuradamente o equilíbrio dos elementos no organismo (Tokarnia, 1999).

2. OBJETIVOS.

2.1 Determinar o perfil mineral em quatro períodos importantes do ciclo produtivo de matrizes, mediante a análise de minerais na pastagem consumida e a dosagem de indicadores metabólicos em fluidos do animal.

2.2 Diagnosticar possíveis deficiências de minerais essenciais em vacas de corte na região da Depressão Central do Rio Grande do Sul mediante a dosagem de indicadores metabólicos em fluidos biológicos e a concentração de minerais na pastagem consumida;

3. REVISÃO DE BIBLIOGRAFIA.

3.1 Os minerais no organismo animal.

Os minerais são todos os elementos inorgânicos encontrados em uma determinada estrutura. Podem ser encontrados na forma de sal ou combinados a outros elementos orgânicos como carbono, hidrogênio, oxigênio e nitrogênio. Estão presentes nas células exercendo inúmeras funções, combinações químicas e concentrações dependentes do elemento e tecido (Underwood & Suttle, 1999; McDowell, 1992).

Os minerais estão em proporção de 2 a 5% do peso total dos animais, tendo funções essenciais tanto na estrutura de tecidos e biomoléculas, como no próprio metabolismo animal (Spears, 1998).

A primeira demonstração de importância nutricional dos minerais foi em 1791 quando Fordyce observou que canários recebendo calcário produziam ovos mais saudáveis. Posteriormente, em 1847, Boussingault obteve a primeira evidência que bovinos necessitam de sal comum na dieta. Do final do século 20 até os dias atuais surgiram novas técnicas para avaliar a significância nutricional dos minerais. Nesse período houve o começo das investigações para avaliar deficiências, toxicidades e desequilíbrios de determinados elementos (Underwood & Suttle, 1999).

Até 1981, 22 elementos minerais haviam sido definidos como essenciais para a maioria das formas de vida animal. Estes foram classificados em macrominerais que estão em maior quantidade no organismo e possuem suas exigências nutricionais

expressas em porcentagem e microminerais que estão em concentrações bem menores e são expressos em mg.kg^{-1} (Underwood & Suttle, 1999).

Os minerais exercem funções estruturais, fisiológicas, catalíticas e regulatórias (Tabelas 1 e 2).

TABELA 1 - Funções metabólicas mais importantes dos macrominerais essenciais nos animais domésticos.

| Mineral | Composição no organismo (%) | Função |
|---------------|-----------------------------|--|
| Cálcio (Ca) | 1-2 | mineralização óssea, regulação metabólica, coagulação sanguínea, contração muscular, transmissão de impulsos nervosos. |
| Fósforo (P) | 0,7-1,2 | mineralização óssea, componente de DNA e RNA, parte de compostos de alta energia (ATP), regulação de enzimas alostéricas, componente dos fosfolípidos. |
| Potássio (K) | 0,3 | Regulação da pressão osmótica e equilíbrio ácido-básico, contração muscular, transmissão do impulso nervoso e controle do equilíbrio hídrico. |
| Enxofre (S) | 0,25 | Componente de aminoácidos sulfurados, biotina e tiamina, componente de mucopolissacarídeos, reações de desintoxicação. |
| Sódio (Na) | 0,15 | Regulação da pressão osmótica e equilíbrio ácido-básico, condução nervosa, transporte ativo de nutrientes, contração muscular, controle do equilíbrio hídrico. |
| Cloro (Cl) | 0,15 | Regulação da pressão osmótica e equilíbrio ácido-básico, controle do equilíbrio hídrico, formação do HCl no suco gástrico. |
| Magnésio (Mg) | 0,045 | Cofator de mais de 300 enzimas, componente dos ossos, atividade neuro-muscular. |

(adaptado de Spears, 1998)

TABELA 2 - Funções metabólicas mais importantes dos microminerais essenciais nos animais domésticos.

| Mineral | Composição no organismo (mg.kg^{-1}) | Função |
|-----------------|---|--|
| Ferro (Fe) | 80 | Transporte e armazenamento de oxigênio (hemoglobina, mioglobina), transporte de elétrons, componente de enzimas (catalase, triptofano 5-monoxigenase, fenilalanina 4-monoxigenase, aconitase). |
| Zinco (Zn) | 30 | Componente de mais de 70 enzimas (álcool desidrogenase, DNA polimerase, RNA polimerase, anidrase carbônica, carboxipeptidase, piruvato desidrogenase), expressão gênica, estabilidade das membranas. |
| Cobre (Cu) | 3 | Componente de diversas enzimas (lisil oxidase, tirosinase, citocromo oxidase, superóxido dismutase). |
| Iodo (I) | 0,4 | Componente dos hormônios tireoidianos |
| Manganês (Mn) | 0,3 | Componente de enzimas (piruvato carboxilase, arginase, superóxido dismutase mitocondrial), ativador enzimático (glicosil transferases). |
| Cobalto (Co) | 0,2 | Componente da vitamina B ₁₂ |
| Molibdênio (Mo) | 1-4 | Componente de enzimas (xantina oxidase, sulfito oxidase, aldeído oxidase). |
| Selênio (Se) | 0,02 | Componente de enzimas (glutation peroxidase, iodotironina deiodase tipo I). |

(adaptado de Spears, 1998)

Podem ocorrer interações sinérgicas ou antagônicas entre os minerais e outros elementos na dieta no aparelho digestivo, em tecidos ou no metabolismo celular. Sinergismo é quando dois ou mais elementos provocam o aumento da absorção de um mineral ou realizam alguma função metabólica em nível celular ou tecidual. A interação antagônica ocorre quando um elemento mineral inibe a absorção de outro no aparelho digestivo, produzindo efeitos no metabolismo orgânico (Cavalheiro & Trindade, 1992).

Os macrominerais Ca, P, Mg, Cl, Na e S são fundamentais para a sobrevivência e o crescimento dos microorganismos no rúmen, pois contribuem na regulação de algumas propriedades físico-químicas do ambiente ruminal como a fermentação, pressão osmótica, capacidade de tamponamento e taxa de diluição (Ospina *et al*, 1999).

3.1.1 Macrominerais.

3.1.1.1 Cálcio (Ca) e Fósforo (P).

O Ca, mineral mais abundante no organismo animal, é essencial na formação do esqueleto, coagulação do sangue, regulação do ritmo cardíaco, excitabilidade neuromuscular, ativação de enzimas e permeabilidade de membranas (McDowell, 1999).

O P é o segundo mineral mais abundante no organismo animal, sendo 80 a 85% presente em ossos e dentes, e o restante distribuído nos tecidos moles (eritrócitos, músculos e tecido nervoso) e fluidos. Na forma de fosfatos, auxilia na manutenção do equilíbrio ácido-básico, no metabolismo energético (utilização e transferência de energia via AMP, ADP e ATP), na síntese protéica e atividade da bomba de sódio/potássio. Nos fosfolipídios, têm a função de manter a integridade da membrana celular. Junto ao Ca, promovem a formação da matriz óssea bem como a sua mineralização (Underwood & Suttle, 1999).

Em ruminantes, os níveis sanguíneos de P são variáveis visto que há um processo de reciclagem pela saliva. A presença do elemento no rúmen é fundamental para a síntese de proteínas microbianas e manutenção da microflora ruminal (McDowell, 1999; Underwood & Suttle, 1999).

O Ca possui um severo controle endócrino que permite a homeostase orgânica frente aos desafios metabólicos. A diminuição dos níveis séricos de Ca provoca liberação do Hormônio da Paratireóide (PTH) que promove o aumento sanguíneo do Ca através da diminuição da excreção renal, aumento da absorção intestinal e da mobilização óssea. Em contrapartida, o P é excretado pelo rim a fim de manter a relação dentro dos parâmetros fisiológicos (González & Silva, 1999). Desta maneira, os níveis séricos do cálcio mantêm-se constantes, independentes da quantidade consumida na dieta.

Não há um rigoroso controle hormonal do fósforo e por isso, as concentrações na corrente sanguínea e no soro variam livremente. O excesso de P na alimentação provoca maior excreção renal e aumento da concentração do elemento na saliva o que provoca elevação da perda fecal de fósforo (Underwood & Suttle, 1999).

Os mecanismos de controle de ambos os minerais são direcionados a manter a relação Ca:P em torno de 2:1 (Kaneko *et al.*, 1997).

As necessidades nutricionais são variáveis e dependem principalmente do estado fisiológico dos animais. A forma química e a relação entre eles também são fontes de variação. O NRC (1996) sugere dietas que contenham 0,17 a 0,22% na matéria seca de fósforo e 0,21 a 0,25% na matéria seca de cálcio.

As exigências variam conforme a proporção de Ca e P na dieta, forma química, quantidade adequada de vitamina D e estado fisiológico dos animais. Para manutenção, a necessidade é em média de 0,18% de P na matéria seca (NRC, 1996).

A absorção de Ca no intestino é afetada pela relação Ca:P nos alimentos, pela quantidade de proteína na dieta que diminui a absorção de Ca no intestino; pelo aumento de magnésio na dieta que compete com o cálcio nas células intestinais e pela suplementação excessiva de vitamina D₃.

Em pastejo, o P é o mineral mais deficiente no mundo sendo de ocorrência maior em áreas tropicais (diagnóstico em 46 países). Forragens tropicais apresentam

pequena ou nenhuma diferença entre espécies, porém são mais deficientes em P que sementes e grãos (McDowell & Valle, 2000).

Através de observações, chegou-se a conclusão que no Brasil, a carência de P é a mais freqüente em animais de pastejo visto que solos e plantas são pobres neste mineral.

Na década de 1960, Gavillon & Quadros constataram que as pastagens nativas do Rio Grande do Sul continham quantidades insuficientes de P para atender as demandas orgânicas de animais em pastejo.

Trindade & Cavalheiro (1990), analisando pastagens nativas das regiões da Campanha e Depressão Central do Rio Grande do Sul, constataram que a concentração média de P era de 0,13 % (0,05 a 0,24%) na matéria seca, não atendendo as exigências mínimas de manutenção para bovinos de corte.

Senger *et al.* (1997), verificaram em 11 unidades de mapeamento de solos nas regiões da Depressão Central e Campanha do Rio Grande do Sul, que 98% das forrageiras analisadas possuíam valores de P inferiores àqueles exigidos para bovinos de corte (0,18 % de P na MS).

Geralmente as pastagens são abundantes em Ca e deficientes em P elevando a relação destes na dieta. Os ruminantes estão adaptados para compensar altas relações de Ca:P na dieta de até mais que 3:1 (González, 2000_a).

A carência de Ca em bovinos de corte causa fragilidade óssea e crescimento lento. Baixa produção de leite e tetanias são observadas em deficiências severas, geralmente associadas a vacas leiteiras que liberam altas quantidades de mineral pelo leite (McDowell, 1999).

A deficiência de P não possui efeitos imediatos como a de Ca. Em longo prazo, pode ser observada perda de peso, fraqueza geral, fragilidade óssea e perversão do apetite que leva os animais a consumir objetos estranhos a sua dieta podendo causar o botulismo. Carências marginais levam a baixa conversão alimentar, redução da produção leiteira e infertilidade (McDowell, 1999; Underwood & Suttle, 1999).

Perda de apetite, crescimento retardado em animais jovens e perda de peso em animais adultos são os primeiros sintomas observados na maioria das espécies.

Em ruminantes, a anorexia pode ser um indicativo de carência marginal de P (McDowell, 1992; Underwood & Suttle, 1999).

Menores taxas de concepção, diminuição da atividade ovariana, cistos foliculares e anestro são sinais observados em vacas com deficiência de P (Hurley & Doane, 1989). Porém, para Underwood & Suttle (1999), a taxa de concepção parece ser menos sensível que a produção de leite em vacas leiteiras.

McDowell (1997) afirma que vacas em regiões carentes em fósforo podem apresentar infertilidade até que suas reservas estejam restauradas.

No Rio Grande do Sul, a deficiência de P é comumente observada em animais mantidos a campo nativo sem suplementação mineral durante o outono e o inverno onde as pastagens não fornecem níveis suficientes para atender as exigências do mineral.

González (2000_b) afirma que a deficiência de P pode ser determinada de forma confiável através da análise do P sangüíneo. Valores inferiores a 0,97 mmol.L⁻¹ podem estar associados a sintomas severos de carência.

O mesmo autor ressalta que as amostras devem ser processadas logo após a coleta a fim de evitar aumento da fosfatemia pela saída do mineral das células sangüíneas para o meio extracelular.

Dayrell *et al.* (1973), observaram que não haviam alterações na fosfatemia quando as amostras refrigeradas eram processadas em até 24 horas. A hemólise acentuada prejudicou a determinação dos valores reais de P inorgânico no soro ou plasma. Houve um aumento significativo do P inorgânico quando a amostra não refrigerada era processada em até 3 horas da coleta.

Níveis de P sangüíneo são menores em animais mais velhos ao passo que níveis maiores são observados em animais jovens (González, 2000_a).

Timm (2001_b), afirma que os níveis de P podem permanecer inalterados no sangue por longos períodos após exposição à deficiência. No entanto, valores baixos asseguram o diagnóstico de carência.

Para Mufarrege (1999), valores de P sangüíneo inferiores a 0,90 mmol.L⁻¹ sugerem deficiências com a presença de sinais clínicos significativos.

Underwood & Suttle (1999), citam que médias de P inorgânico entre 1,0 a 1,5 mmol.L⁻¹ são normais para bovinos a campo, porém, a suplementação mineral é necessária para evitar perdas na produtividade.

Ainda que os níveis de P fecal reflitam as perdas endógenas do mineral, este parâmetro pode ser usado para monitorar o consumo do elemento e a resposta a suplementação. Porém, em áreas tropicais, as forrageiras maduras elevam o P fecal e a excreção não vai refletir o consumo e absorção (Underwood & Suttle, 1999, McDowell 1987).

Os níveis de cálcio sanguíneo são bastante constantes devido ao controle homeostático rigoroso e eficiente (González & Silva, 1999). Os níveis variam muito pouco ($\pm 17\%$) comparando com o fósforo e o magnésio. Desta maneira, os níveis de cálcio no sangue não refletem o balanço nutricional.

Gióvine (1943) observou baixos níveis de P sanguíneo em bovinos mantidos em áreas carentes do elemento em Minas Gerais (60,4% de 98 amostras). Até esse estudo, a osteofagia era uma doença de etiologia obscura no Brasil.

Bauer *et al.* (1964), encontraram hipofosfatemia em bovinos que consumiam pastagens deficientes em P no município de Santa Vitória do Palmar, RS. Em algumas propriedades, havia animais apresentando sintomas como, osteofagia e ataxia.

Langenegger *et al.* (1984), diagnosticaram o Botulismo Epizoótico em bovinos como consequência da osteofagia causada pela deficiência de P em Alegrete, RS (Tokarnia *et al.*, 1988). Trindade & Cavalheiro (1990), atribuíram este distúrbio à carência de P e ao excesso de Fe nas pastagens da região. Esta enfermidade foi denominada de “Mal do Alegrete” e afetou bovinos adultos principalmente no fim do inverno e início da primavera.

Lisbôa *et al.* (1996), analisando fêmeas bovinas em área suspeita de Botulismo Epizoótico no interior de São Paulo, constataram hipofosfatemia e fósforo ósseo em limites inferiores, além da presença de toxinas botulínicas C e D.

Barcellos *et al.* (1996) observaram maior ganho de peso nos terneiros mantidos em pastagem de aveia e suplementados com sal comum ou fosfato bicálcico do que aqueles mantidos em campo nativo com mesmo nível de

suplementação. Os autores concluíram que a suplementação mineral só é vantajosa quando a dieta proporciona níveis adequados de energia e proteína.

Barcellos *et al.* (1998) constataram que a dieta (pastagem de aveia) potencializou o efeito do suplemento mineral em novilhas visto que o ganho médio diário foi maior naquelas que consumiam aveia e suplemento. Vacas que consumiram campo nativo tiveram o primeiro parto mais tardio que aquelas que consumiam aveia (36 vs 24 meses).

González *et al.* (2000), quando determinaram o perfil metabólico de vacas de corte em Butiá, Depressão Central do Rio Grande do Sul, observaram valor médio de P plasmático de $1,92 \pm 0,19$ mmol.L⁻¹. Em 5 dos 12 meses estudados (41,6%), os teores de P estiveram abaixo do valor mínimo de referência preconizado por Kaneko *et al.* (1997). Isso foi atribuído ao maior ganho de peso no período de janeiro a abril.

3.1.1.2 Sódio (Na)

O Na junto com o K e o Cl são responsáveis por manter a pressão osmótica, regular o equilíbrio ácido-básico e o controle do metabolismo da água no organismo (McDowell, 1992).

Cerca de 80% do Na que entra no trato gastrointestinal provém de secreções internas, tais como saliva, fluidos gástricos, bile e suco pancreático. É excretado na urina como sal, pela ação da aldosterona, e, em menor quantidade nas fezes e no suor (Nörnberg, 1999; González, 2000_a).

Alterações nas concentrações de Na, K e Cl ativam um complexo mecanismo de controle fisiológico que inclui a ativação do sistema renina-angiotensina que com a vasopressina, regula a secreção de aldosterona por variações no volume do fluido extracelular e na pressão sanguínea (Underwood & Suttle, 1999).

Em ruminantes, a saliva, composta de íons Na, K, Cl, fosfato e bicarbonato é fundamental para reciclagem de alguns minerais e garantir a manutenção das condições ruminais principalmente como tampão (Van Soest, 1993). Diariamente, os bovinos podem produzir até 180 litros de saliva (Kaneko *et al.*, 1997).

Spears (1999), cita que dietas balanceadas em Na podem otimizar a performance produtiva e reprodutiva dos animais de produção.

As exigências para vacas não lactantes são 0,06% a 0,08% na matéria seca, enquanto lactantes necessitam de 0,10%. Os ruminantes possuem apetite para Na que é fornecido *ad libitum* podendo ingerir mais que o necessário (NRC, 1996).

Mufarrege (1999), afirma que as exigências são maiores em vacas lactantes e terneiros em crescimento acelerado.

Baixos teores de Na são mais comuns em forragens tropicais que temperadas (Underwood e Suttle, 1999).

No Rio Grande do Sul, o sódio é o elemento mais deficiente nas pastagens nativas que normalmente fornecem níveis insuficientes para atender as necessidades de ruminantes durante o ano (Barcellos *et al.*, 1999).

Cavalheiro & Trindade (1992) constataram baixos níveis de Na em pastagens nativas (0,04 %) no Rio Grande do Sul. Já Senger *et al.* (1996) concluíram que 94,5% das amostras de campo nativo do Estado ficaram abaixo das necessidades mínimas para bovinos.

A deficiência de Na é a mais comum principalmente nos animais em pastejo, devido aos baixos teores do mineral nas forragens (González, 2000_b).

Em situações de carência, o organismo conserva o Na através da diminuição da quantidade excretada pelo leite, fezes e urina. Na saliva, o elemento pode ser substituído pelo K a fim de manter as proporções normais nos fluídos (Underwood & Suttle, 1999).

Os sinais de deficiência são inespecíficos e vão desde a procura pelo sal até incoordenação motora, fraqueza, arritmia cardíaca e morte. Perversão do apetite, redução do crescimento e conversão alimentar são os primeiros sintomas constatados (McDowell, 1992).

Vacas em lactação que possuem maior eliminação de Na pelo leite, animais em crescimento acelerado e aqueles que consomem pastagens deficientes ou com adubação fosfatada são suscetíveis a deficiências (Mufarrege, 1999).

McDowell (1999) afirma que a análise de Na e K na saliva é o melhor método para o diagnóstico visto que reflete com segurança alterações na concentração orgânica sem apresentar interferências com outros elementos.

Van Soest (1993) cita que a composição da saliva varia conforme a taxa de secreção da glândula, porém, a quantidade de íons permanece constante. Alterações nas relações entre eles ocorrem quando há carência alimentar de algum elemento.

O Na no plasma e no leite não sofre alterações quando há deficiência. Mufarrege (1999), cita que análises de Na e K na saliva mista é um método seguro para o diagnóstico de carências. Em animais normais, a saliva parotídea contém 145 mEq.L⁻¹ de Na e 7 mEq.L⁻¹ de K e a relação Na:K é de 20:1. Na deficiência de sódio há uma redução deste elemento na saliva ao passo que o K torna-se elevado, ultrapassando os valores de referência.

Murphy & Connel (1970) desenvolveram um aparelho para a coleta de saliva mista de ovinos e bovinos. O aparelho, composto por uma pipeta acoplada a um copo coletor e a um tubo de aço inoxidável fino e rígido, era introduzido próximo a papila salivar, na região entre os dentes molares e a bochecha para sucção da saliva. Neste experimento, as médias dos minerais foram 147,7 mEq.L⁻¹ para Na e 8,1 mEq.L⁻¹ para K. A relação Na:K observada foi de 20.

Os autores salientam que é importante uniformidade da posição na amostragem uma vez que cada glândula salivar produz saliva em proporções e concentrações diferentes de Na:K.

Underwood & Suttle (1999) afirmam que os valores obtidos na saliva mista são muito variáveis. Por esse motivo, faz-se necessário o conhecimento dos valores de referência e dos mecanismos de controle para determinar o perfil de Na no rebanho. O mais indicado para fornecer o diagnóstico é a relação Na:K.

Dobson (1963), comparou a saliva obtida da parótida daquela recolhida através de esponjas na boca de bovinos. Foi concluído que a saliva mista contaminada com líquido ruminal não apresenta interferências visto a grande quantidade de amostra obtida.

3.1.1.3 Potássio (P)

O K possui funções similares ao Na visto que atuam juntos no organismo. É muito mais atuante na contração muscular, na transmissão do impulso nervoso e em determinadas reações enzimáticas (NRC, 1996).

Swenson (1984) relata que os mecanismos de controle do K não são bem elucidados, porém, há indícios que a aldosterona esteja envolvida.

As exigências para bovinos a campo são de 0,6 % de K, sendo que entre 0,5 a 0,56% podem provocar aumento no ganho de peso. As exigências são maiores na lactação devido a elevada secreção do mineral pelo leite (NRC, 1996).

Cavalheiro & Trindade (1992) observaram que a concentração média de K nas forrageiras era de 0,95% na matéria seca, adequada para atender as necessidades de bovinos em pastejo. Não foi constatada correlação dos níveis de K no solo com os das forrageiras.

Senger *et al.* (1996) citaram que apenas 3,6% das amostras não atendiam as necessidades nutricionais e concluíram que o K não acarretava problemas carenciais.

A deficiência marginal de K geralmente afeta o desempenho produtivo e reprodutivo dos animais. Fraqueza e rigidez muscular, distúrbios nervosos, perda de flexibilidade da pele, emaciação, acidose e perda de funções de órgãos vitais estão associados a carências severas (McDowell, 1992).

McDowell & Valle (2000), atribuem a deficiência de K ao déficit deste e de outros elementos na forragem, inclusive a energia.

A avaliação do K no soro não é recomendada, pois ocorrem interferências com a inanição, balanço nitrogenado negativo, perdas gastrintestinais e endócrinas (McDowel, 1992).

3.1.2 Microminerais.

3.1.2.1 Zinco (Zn).

É importante como cofator e ativador de diversas enzimas (DNA e RNA polimerases) e no metabolismo de carboidratos, ácidos nucleicos e síntese protéica. Como constituinte da anidrase carbônica, atua no equilíbrio ácido-básico. O Zn também interage com hormônios visto que atua na produção, armazenamento, secreção, efetividade dos sítios receptores e na resposta dos órgãos-alvo. A deficiência pode interferir em diversas categorias de hormônios entre eles, testosterona, insulina e cortisol (McDowell, 1992).

O zinco está relacionado com a integridade do sistema imune principalmente no que se refere à proliferação de linfócitos (González, 2000_a).

A absorção do Zn ocorre no rúmen e pode ser prejudicada pela presença de excessos de Ca, Cu e Fe e favorecida por Mg, fosfato e vitamina D (McDowell, 1992).

A capacidade de armazenamento de Zn no organismo é limitada e contribui pouco para a homeostase, logo, a habilidade de mobilização por longos períodos carenciais está prejudicada. Em períodos curtos, há maior absorção intestinal e menor excreção renal do elemento (Payne & Payne, 1987).

As exigências são de 30 mg.kg⁻¹ na matéria seca para bovinos de corte e pode ser suficiente para a maioria das situações (NRC, 1996). Porém, a absorção do elemento vai depender das necessidades orgânicas (Dayrell, 1986).

Moraes *et al.* (2001) afirmam que vacas de cria são mais predispostas a deficiência de Zn devido às elevadas exigências nutricionais. Baixos teores de Zn na gestação e lactação podem afetar a formação do sistema imune da cria.

Barcellos *et al.* (1999) citam que uma quantidade a mais de Zn na dieta pode ser benéfica se os animais estiverem sujeitos a situações estressantes sem prejudicar a produção animal. O Zn é pouco tóxico, no entanto quando ingerido em grandes quantidades pode interferir na absorção do Cu, Fe e Ca (NRC, 1996).

Forragens tropicais apresentam discreta elevação na concentração de Zn quando comparadas com temperadas. Gramíneas e plantas cultivadas em solos arenosos são pobres em Zn. A concentração decresce com a idade da planta sendo maior na floração (Cavalheiro & Trindade, 1992, MacPherson, 2000).

Cavalheiro & Trindade (1992) observaram teores médios de 16 mg.kg^{-1} nas pastagens nativas do Rio Grande do Sul, insuficiente para atender as demandas nutricionais de bovinos. Os autores observaram animais com alterações dermatológicas em algumas regiões. A baixa fertilidade observada em algumas propriedades foi relacionada com carência de Zn na forragem.

De forma semelhante, Senger *et al.* (1996) observaram que 98,2% das amostras de forragem do Rio Grande do Sul encontravam-se abaixo dos teores mínimos sugeridos pelo NRC. Em todas as unidades de mapeamento estudadas o Zn foi deficiente.

No Pantanal mato-grossense, Brum *et al.* (1987), observou que solos arenosos produziram forragens deficientes em Zn nas diferentes épocas do ano. Em apenas um período analisado os bovinos apresentaram teores hepáticos de Zn superiores ao valor de referência.

A deficiência de Zn é caracterizada por inapetência severa, retardo do crescimento e alterações de pele e pêlos. A anorexia é o primeiro sinal observado enquanto alterações cutâneas e de pêlos são vistas em longos períodos de carência (Underwood & Suttle, 1999).

Bovinos em crescimento rápido são mais suscetíveis a deficiência que pode ser desencadeada por carência na dieta ou estresse prolongado (Moraes *et al.*, 2001).

Hurley & Doane (1989), citam que a fertilidade de machos pode estar comprometida devido a alterações em algumas enzimas da espermatogênese por deficiência de zinco. Em fêmeas são observadas falhas na ovulação e na sobrevivência embrionária.

McDowell (1999) alerta para a possibilidade de carências de Zn em um grande número de ruminantes e afirma que os níveis de Zn no plasma ($9,18$ a $12,24 \mu\text{mol.L}^{-1}$) e nas forrageiras ($<40 \text{ mg.kg}^{-1}$) pode ser um bom indicativo do perfil do rebanho.

O Zn pode ser avaliado pela determinação do mineral no plasma e no fígado mediante espectrofotometria de absorção atômica. Um indicador alternativo seria a metalotioneína, proteína sintetizada no fígado que se une ao Zn (González, 2000_a).

A determinação da atividade de enzimas pode fornecer o diagnóstico, porém deve ser interpretada com cautela a fim de não confundir com outras patologias. A anidrase carbônica é a primeira enzima a ter sua atividade diminuída na deficiência de Zn seguida da fosfatase alcalina (Underwood & Suttle, 1999).

Sousa *et al.* (1981), relataram baixos teores de Zn hepático em áreas com carência no solo e nas pastagens. Não houve correlação estatisticamente significativa entre o Zn hepático e as forragens. Os autores concluíram que o nível de Zn no fígado dos animais não depende somente do mineral na dieta.

Uma dieta deficitária em Zn na gestação e na lactação pode prejudicar a formação do sistema imune da cria (atrofia de timo, perda de função das células T e diminuição da resposta das células B). No entanto, Moraes *et al.* (2001), não constatarem diferenças significativas nos níveis de IgG, IgM e leucócitos em terneiros de vacas com diferentes níveis de Zn na dieta. A incidência de doenças em 2 períodos foi atribuída à baixa qualidade da resposta imune.

3.1.2.2 Cobre (Cu).

O papel biológico do cobre refere-se a sua atuação como agente catalítico oxidativo, estando envolvido em diversos processos metabólicos na forma de metaloenzimas. Dentre essas estão: citocromo oxidase, lisil oxidase, superóxido dismutase, dopamina β -hidroxilase e tirosinase. Além disso, é fundamental para formação da hemoglobina, tecido ósseo, pigmentação de pêlos e lã. Também, atua no funcionamento do SNC e na proteção dos tecidos contra o dano oxidativo celular (McDowell, 1992; Underwood & Suttle, 1999).

Alguns sulfatos e o molibdênio, sozinhos ou em combinação, interagem com o cobre formando compostos insolúveis provocando a redução da absorção no intestino ou a sua utilização pelos tecidos. Elementos minerais como o ferro, zinco,

cádmio, cálcio, chumbo, mercúrio e prata bem como ácido ascórbico e ácido fítico são considerados antagonistas do cobre (McDowell, 1992; Riet-Corrêa, 2001).

A absorção do cobre no intestino delgado é determinada pela forma química do elemento e pela quantidade fornecida pela dieta. Na corrente sangüínea se une a uma globulina que faz o transporte até o fígado, onde se liga à ceruloplasmina, que vai aos tecidos alvo para desempenhar suas funções. O fígado é o órgão responsável pelo armazenamento e controle homeostático do cobre no organismo (Barcellos & Ospina, 1998).

As exigências nutricionais de cobre podem variar de 4 a 15 mg.kg⁻¹ dependendo da concentração de molibdênio e enxofre na alimentação. A situação de 10 mg.kg⁻¹ de Cu é recomendada quando os níveis de enxofre e molibdênio não excedem 0,25% e 2 mg.kg⁻¹ respectivamente. Dietas com 3 a 20 mg.kg⁻¹ de molibdênio têm que possuir 7 a 14 mg.kg⁻¹ de Cu na matéria seca. Vacas em gestação e altos níveis de ferro e zinco na dieta podem elevar as exigências (NRC, 1996).

Dietas com menos de 3 mg.kg⁻¹ de cobre são capazes de induzir deficiência severa que pode ser agravada com o excesso de molibdênio (González, 2000_a; Riet-Corrêa, 2001).

Hurley & Doane (1989) consideram que níveis de molibdênio acima de 7 mg.kg⁻¹ na matéria seca interferem no metabolismo do cobre causando diminuição da eficiência de utilização e mobilização nos tecidos.

Riet-Corrêa (2001) relata que dietas com mais de 10 mg.kg⁻¹ de molibdênio requerem a suplementação de cobre a fim de evitar carência secundária e que níveis abaixo de 3 mg.kg⁻¹ de molibdênio são seguros.

O excesso de enxofre inorgânico e aminoácidos sulfurados intensifica a interação do molibdênio com o cobre e favorece a formação de tiomolibdatos no rúmen que podem originar complexos insolúveis (Underwood & Suttle, 1999; González, 2000_a).

A quantidade de Cu na planta pode estar relacionada ao estágio de maturação. As plantas maduras possuem um decréscimo do teor de cobre pela diminuição da proporção folha/caule e baixa concentração do elemento no caule (MacPherson, 2000).

Este mesmo autor relata que as leguminosas temperadas contêm mais cobre que as gramíneas exceto quando a quantidade do elemento no solo é baixa. Com relação as tropicais, as leguminosas possuem menos cobre que as gramíneas.

Cavalheiro & Trindade (1992), observaram no Rio Grande do Sul, média de 5 mg.kg⁻¹ de cobre nas pastagens nativas, inadequado para bovinos em pastejo.

Pastagens deficientes em Cu podem ser produzidas em solos arenosos, pobres em matéria orgânica e muito desgastados (Riet-Corrêa, 2001).

Os ovinos, que são mais seletivos, podem se beneficiar pelas altas concentrações de Cu nas folhas. Em contrapartida, são mais predispostos a apresentar toxicidade (Underwood & Suttle, 1999; Mac Pherson, 2000).

A deficiência de cobre é um problema de animais de pastoreio devido à baixa disponibilidade do elemento nas pastagens já que uma quantidade suficiente nem sempre pode ser absorvida pelo organismo (Riet-Corrêa, 2001).

Em ruminantes, a carência severa de Cu pode causar anemia, hipomielinogênese congênita, alteração na pigmentação da pelagem, diarreia e morte súbita. Alterações não detectadas clinicamente manifestam-se através de baixo crescimento e ineficiência reprodutiva (McDowell, 1999).

Quanto à etiologia, a deficiência de cobre pode ser primária quando a ingestão do elemento é insuficiente para atender as necessidades metabólicas, ou secundária quando, apesar da ingestão adequada, a utilização e absorção pelos tecidos esta prejudicada pela presença de elementos antagonistas na dieta (Riet-Corrêa, 2001).

Hurley & Doane (1989), relacionaram a deficiência de Cu com desordens reprodutivas em vacas por estar envolvida na manutenção da secreção de hormônios hipofisários. Atividade ovariana diminuída, depressão de estro, aumento da taxa de concepção e dificuldade de parição são alterações comuns na carência marginal de cobre.

Foi constatado em animais de laboratório que a deficiência de cobre afeta as células T e B, os neutrófilos e os macrófagos ocasionando um decréscimo de células produtoras de anticorpos (Underwood & Suttle, 1999).

McDowell (1999) cita que os níveis sanguíneos de cobre refletem o perfil do elemento na dieta, embora as variações sejam muito amplas.

Riet-Corrêa (2001) relata que as determinações do cobre no tecido hepático e nas pastagens constituem indicadores seguros de baixos valores do elemento na área analisada. No entanto para determinar carência em uma região é necessário obter resposta positiva à suplementação.

Valores plasmáticos de cobre inferiores a $9,42 \mu\text{mol.L}^{-1}$ podem indicar deficiência do elemento. Níveis marginais são considerados quando a concentração no plasma está entre $9,42$ a $12,56 \mu\text{mol.L}^{-1}$ (Fernández *et al.*, 1994).

Underwood & Suttle (1999) sugerem valores normais no plasma em torno de $9-15 \mu\text{mol/L}^{-1}$ para ruminantes sendo que idade, amostragem e doenças intercorrentes interferem nesses valores.

A ceruloplasmina e a superóxido dismutase dos eritrócitos possuem correlação positiva com o cobre plasmático podendo ser utilizadas na avaliação do perfil do elemento no animal (González, 2000_a).

McDowell (1999) afirma que as determinações de metaloenzimas dependentes de cobre são úteis para o diagnóstico de carências e que, a ceruloplasmina não oferece vantagens por apresentar instabilidade enzimática no método analítico.

Analisando amostras de fígado de bovinos na região do Litoral, Campanha, Encosta da Serra e o Sudeste do Rio Grande do Sul, Bondan *et al* (1991), verificaram níveis hepáticos de cobre inferiores a 25mg.kg^{-1} em 32,6 % das análises.

Em outro experimento, Riet-Corrêa *et al.* (1993), observaram resposta a suplementação na mesma área, confirmando a deficiência de Cu. Casos de morte súbita, hipomielogênese congênita, ataxia neonatal foram relacionadas à carência deste elemento na região estudada.

3.1.2.3 Iodo (I).

O iodo pode estar livre na circulação, conjugado a proteínas ou participando na síntese de hormônios tireoidianos.

O elemento é absorvido no trato gastrintestinal e transportado aos sítios de armazenamento. A captação do iodo na tireóide é estimulada pelo TSH e inibida por íons que concorrem com o iodo como o tiocianeto (SCN^-), o perclorato (ClO_4^-) e o nitrato (NO_3^-) (González & Silva 1999).

A tireóide é a única glândula capaz de armazenar iodo em altas quantidades e incorporá-lo aos hormônios tireoidianos. O iodo é incorporado a resíduos de tirosina da tireoglobulina onde sintetiza, nas células foliculares, a monoiodotironina (MIT) e a diiodotironina (DIT). O acoplamento delas vai dar origem a triiodotironina (T_3) que é a forma ativa na célula-alvo e a tetraiodotironina (T_4 , tiroxina) que é a forma de reserva do hormônio. O T_3 possui 58,5% do seu peso em iodo enquanto a T_4 possui 65,3% (Kaneko *et al.*, 1997).

O T_4 é convertido em T_3 pela ação de enzimas seleni dependentes, as deiodinases I e II. Em casos de carência de Se a conversão estará comprometida levando a diminuição dos hormônios tireoidianos (Kaneko *et al.*, 1997).

Os hormônios da tireóide exercem um papel ativo na termorregulação, metabolismo basal e intermediário, reprodução, crescimento e desenvolvimento, circulação e função muscular. A função primária do I é o controle da taxa de oxidação celular (McDowell, 1999).

A exigência sugerida para gado de corte pelo NRC (1996) é de $0,5 \text{ mg.kg}^{-1}$ na matéria seca, independente da categoria. Porém, Underwood & Suttle, (1999), afirmam que as necessidades nutricionais de iodo são diferentes para cada categoria de animais.

Normalmente, as plantas contêm concentrações variáveis de I conforme o clima, solo e fertilização (Cavalheiro & Trindade, 1992). Em geral, as marinhas possuem maior quantidade do mineral que as terrestres.

FORAGEMS em crescimento possuem maior quantidade de I sendo que a maior proporção está nas folhas (MacPherson, 2000).

Gramíneas possuem menos I que leguminosas e a carência nas plantas está relacionada com a quantidade do elemento no solo (Underwood & Suttle, 1999).

Não há relatos sobre a quantidade de I em pastagens nativas do Rio Grande do Sul.

A deficiência de iodo em humanos e animais é caracterizada pelo aumento da glândula tireóide (bócio) e diminuição de T₃ e T₄ circulantes. A doença é endêmica e muito freqüente no mundo, inclusive no Brasil, pela carência de iodo nos solos e nas plantas (Underwood & Suttle, 1999).

O hipotireoidismo pode ser primário, quando os níveis de I na dieta são inadequados, ou secundário quando há o consumo de plantas que possuem glicosídeos cianogênicos (trevo branco, por exemplo). O ácido cianídrico liberado conjuga-se ao I formando tiocianatos que são insolúveis no rúmen, impedindo a absorção do elemento (Contreras *et al.*, 1999).

Animais jovens afetados pelo bócio apresentam problemas na termorregulação, podendo ocasionar óbito (Kaneko *et al.*, 1997).

Em bovinos, além do aparecimento do bócio, é observada redução na taxa de natalidade pela supressão do cio das fêmeas e perda de libido em machos (Cavalheiro & Trindade, 1992).

Estados carenciais severos podem levar a irregularidade de estro ou alterações fetais e distocias (McDowell, 1999).

Zagrodzi *et al.* (1997), observaram que a deficiência de I provocou aumento da atividade das deiodinases seleniodespendentes I e II como um mecanismo compensatório.

Payne & Payne (1987), afirmam que determinações de I livre no sangue, leite e urina são úteis para estabelecer o perfil no animal. No entanto, a determinação da tiroxina é a forma mais prática para diagnosticar carências em áreas acometidas pelo bócio endêmico.

González *et al.* (1999), constataram que novilhas mantidas em campo nativo no município de Mostardas (RS) e suplementadas com iodo injetável apresentaram maior taxa de gestação quando comparadas com o grupo controle.

Neste experimento, os autores observaram que vacas tratadas apresentaram maior média de T₄ comparado com as não suplementadas ($41,18 \pm 12,87 \text{ nmol.L}^{-1}$ vs $30,24 \pm 10,30 \text{ nmol L}^{-1}$). Logo, a determinação de hormônios tireoidianos é útil para definir o perfil de I em bovinos.

Contreras *et al.* (1999), observaram que vacas em lactação apresentaram concentrações de T₄ menores que vacas em gestação, porém não houve diferença significativa entre as médias.

3.1.2.4 Selênio (Se).

O selênio é essencial para várias funções no organismo, tais como crescimento, reprodução, prevenção de doenças e manutenção da integridade dos tecidos. Está presente em várias enzimas (selenioproteínas), entre elas a glutathione peroxidase (GSH-Px) que é responsável pela redução do peróxido de hidrogênio e hidroperóxidos lipídicos evitando o dano oxidativo celular (Spears, 1998; Underwood & Suttle, 1999).

O selênio e a vitamina E atuam em sinergismo visto que protegem as membranas biológicas contra a degeneração oxidativa. Ao mesmo tempo em que a vitamina E age como um antioxidante lipossolúvel nas membranas, a GSH-Px destrói os peróxidos antes que eles possam causar danos oxidativos (McDowell, 1999).

Hurley & Doane (1989) afirmam que ambos podem estar envolvidos na síntese de prostaglandinas e que há acúmulo de Se em placentomas, ovários, pituitária e glândula adrenal sugerindo que hajam exigências específicas nestes tecidos.

Os mesmos autores relatam que a suplementação desses componentes pode reduzir a incidência de retenção de placenta e incrementar a performance reprodutiva visto que há indícios que a GSH-Px protege a membrana dos óvulos contra os danos oxidativos.

A absorção do selênio em ruminantes é menor que em monogástricos devido à inativação de formas ativas no rúmen. Após a absorção, o elemento vai até o fígado aonde se liga a α e γ globulinas e pela circulação se dirige aos sítios de armazenamento principalmente em tecidos que possuem grande quantidade de

proteínas. O mineral pode ser eliminado através das fezes, urina e alguma porção no leite (Wittwer, 1998).

Os limites entre os níveis essenciais e tóxicos de selênio são bastante estreitos. As exigências para bovinos de corte estão em torno de $0,1 \text{ mg.kg}^{-1}$ na matéria seca (NRC, 1996).

O NRC (1996) afirma que sinais clínicos de deficiência de selênio foram constatados em vacas prenhes alimentadas com forragens contendo 0,02 a 0,05 mg.kg^{-1} . Baixa quantidade de vitamina E, altas concentrações de ácidos graxos e estresse aumentam as exigências de selênio.

Há uma inter-relação nutricional complexa entre selênio e vitamina E de modo que cada um pode alterar a exigência de outro sem influenciar nas funções orgânicas de um ou outro (McDowell, 1999; González, 2000_a)

Não há muitas diferenças com relação à concentração de Se nas várias partes da planta e com a maturidade. Entretanto, mudanças anuais de temperatura podem afetar o conteúdo de Se na forragem (MacPherson, 2000).

Leguminosas e gramíneas jovens são mais ricas em Se e solos arenosos tendem a ter baixa concentração do mineral (Cavalheiro & Trindade, 1992; MacPherson, 2000).

A maioria das plantas absorve o Se de forma variada dependendo da disponibilidade no solo e da espécie sendo que aquelas, ávidas por esse elemento, são chamadas de plantas seleníferas (*Poa pratense* e *Medicago sativa*) (Underwood & Suttle, 1999).

Os solos da América Latina são ácidos na sua grande maioria e proporcionam menor absorção de Se pela planta podendo levar ao aparecimento de deficiência nos animais (McDowel, 1999).

Há poucos estudos sobre os valores de Se nas pastagens do Brasil, mas acredita-se que haja carências deste elemento (Barcellos *et al.*, 1999; Tokarnia *et al.*, 1999).

A GSH-Px é uma metaloenzima cuja estrutura apresenta 4g/mol de selênio. A função da enzima é catalisar a redução do peróxido de hidrogênio (H_2O_2) em presença de glutatión reduzido (GSH), no qual atua como um agente redutor ao ceder um átomo de hidrogênio, transformando-se em glutatión oxidado (GSSG) e liberando

duas moléculas de água (H₂O) (Ceballos & Wittwer, 1996). Desta maneira há inativação do metabólito oxigenado para evitar que este venha causar danos nas membranas celulares.

Em situações de carência de selênio, há diminuição da atividade da enzima GSH-Px deixando a célula exposta à ação nociva dos radicais oxigenados reativos permitindo que estes alterem a estrutura de lipídios, proteínas, polissacarídios, DNA e outras macromoléculas celulares (Wittwer, 1998).

Sintomas de carência severa em ruminantes manifestam-se através de crescimento retardado e distrofia muscular nutricional (“doença do músculo branco”) em cordeiros e terneiros de crescimento rápido. Estas alterações normalmente levam a ocorrência de morte súbita devida a lesões no miocárdio (González, 2000_a). O mesmo autor cita que na forma subaguda, a doença pode provocar queda da produção, diminuição do crescimento, diarreia e até degeneração muscular.

Em animais adultos, a deficiência se manifesta através de baixo desempenho reprodutivo e maior incidência de doenças oportunistas. Já foi comprovado que a suplementação de Se e vitamina E diminuem a incidência de retenção de placenta e melhoram a imunocompetência (McDowel, 1999).

No metabolismo dos hormônios tireoidianos, a falta de selênio eleva a proporção T₄:T₃ já que a atividade da enzima selenio-dependente deiodotironina-5-deiodinase que catalisa a deiodinação da tiroxina encontra-se diminuída (Spears, 1998; Underwood & Suttle, 1999).

O diagnóstico clínico da deficiência de selênio é considerado difícil devido aos sinais clínicos inespecíficos apresentados, salvo na doença do músculo branco (Underwood & Suttle, 1999).

A concentração do mineral no plasma reflete mais rapidamente as mudanças no consumo do mineral, porém é uma técnica onerosa (Ceballos *et al.*, 1999). Backall & Scholz (1979) afirmam que a técnica de determinação envolve equipamentos especializados (ativação neutrônica) e precisão para evitar erros através da contaminação da amostra.

Segundo Ceballos & Wittwer (1996), a presença de selenocisteína na estrutura da glutation peroxidase faz com que exista uma estreita relação entre a concentração sanguínea e tissular de Se e a sua atividade nos tecidos. A

determinação desta atividade é útil para o diagnóstico de carência de Se. Para Bouda *et al.* (2000), a determinação da atividade desta enzima avalia indiretamente o consumo adequado ou deficiente de Se na dieta nos 2 meses anteriores à coleta.

Ceballos *et al.* (1999) observaram coeficientes de correlação elevados entre a atividade da GSH-Px e as concentrações de selênio no plasma, no sangue e na pastagem. Desta maneira, a diminuição dos níveis do mineral acarreta em declínio da atividade enzimática.

González (2000_a) afirma que além da redução da atividade da GSH-Px, o perfil sanguíneo mostra elevação da atividade da creatina quinase (CPK) e alanina aminotransferase (AST), enzimas indicadoras de dano muscular.

Barros *et al.* (1988), diagnosticaram casos de Miopatia Nutricional em uma propriedade no município de São Gabriel, na qual havia 140 terneiros de aproximadamente 1 ano de idade, mantidos em pastagem com azevém, dos quais 40 animais morreram. Na necropsia, os autores constataram lesões degenerativas na musculatura esquelética e cardíaca em menor grau. Após o tratamento com vitamina E e suplementação de selenito de sódio adicionado ao sal, houve remissão dos sintomas de dificuldade deambulatória e enrijecimento dos músculos. O mesmo autor relatou um caso isolado no município de Santa Maria em 1987 em uma vaca Pardo Suíça de 18 dias de idade que teve morte súbita. No exame necroscópico foi constatado alterações na musculatura esquelética e coração semelhante aos descritos anteriormente. Neste caso, a suspeita era de que a deficiência nutricional podia ter exercido seus efeitos *in utero*, visto que não há relatos de doenças genéticas em Pardo Suíço.

Ceballos *et al.* (1998), encontraram que vacas leiteiras consumindo concentrados, fenos e forragens apresentaram baixa atividade da GSH-Px na primavera. Os autores constataram que nesta época do ano houve um maior número de animais afetados pela deficiência devido à diluição do selênio nas pastagens ocasionado pelas chuvas de inverno. Foram observadas diferenças significativas entre as terneiras em recria e as novilhas, que apresentaram baixa atividade da enzima.

No Rio Grande do Sul, Santiago (1985) observou que terneiros de até 11 meses de idade suplementados com a emulsão de selênio-tocoferol apresentaram

maior ganho de peso e menor incidência de doenças. O mesmo autor em 1986 constatou que vacas entre 3 e 10 anos de idade tratadas com a mesma emulsão, apresentaram diminuição dos partos auxiliados, retenção de placenta e duração do puerpério clínico. Estas vacas tiveram terneiros mais pesados e demonstraram mais precocemente o primeiro cio pós-parto.

3.2 Exigências de minerais em bovinos de corte.

As exigências de minerais em ruminantes são influenciadas pela idade, raça, grau de adaptação, consumo de matéria seca, tipo e nível de produção, forma química do elemento e as inter-relações com outros nutrientes da dieta. Em função desses motivos, as exigências específicas para cada mineral são difíceis de determinar (McDowell, 1987, 1999).

Exigência mínima é a quantidade de mineral consumido suficiente para proporcionar um bom desempenho do animal. O nível ótimo vai permitir que os animais expressem ao máximo o seu potencial genético. Acima desse nível há aquele que é seguro, porém antieconômico por estar próximo do índice de toxicidade (Ammerman & Henry, 1987; McDowell, 1999).

Os atuais sistemas de produção em que se procura acelerar o rendimento produtivo provocam elevação do nível de estresse ocasionando alterações nas exigências nutricionais. Como as exigências não são supridas, podem ocorrer sintomas inespecíficos como infertilidade e baixo ganho de peso (Stokka, 1999).

O National Research Council – NRC (1996) sugere, para bovinos de corte, valores de exigências de minerais direcionados para cada categoria. Estes pretendem atender as demandas nutricionais para o desempenho ponderal e prevenir sintomas de deficiências (Tabela 3).

TABELA 3 - Exigências de elementos minerais e o valor máximo tolerável para bovinos de corte.

| Minerais | Exigências | | | |
|-----------------------------------|---------------------------|-----------------|----------|-----------------------|
| | Crescimento e Finalização | Vacas gestantes | Lactação | Concentrações máximas |
| Cálcio (%) | 0,19 | 0,24 | 0,25 | 2,00 |
| Fósforo (%) | 0,17 | - | - | 1,00 |
| Potássio (%) | 0,60 | 0,60 | 0,70 | 3,00 |
| Sódio (%) | 0,06-0,08 | 0,06-0,08 | 0,10 | - |
| Enxofre (%) | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,40 |
| Cobre (mg.kg ⁻¹) | 10 | 10 | 10 | 100 |
| Molibdênio (mg.kg ⁻¹) | - | - | - | 5 |
| Selênio (mg.kg ⁻¹) | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 2,00 |
| Iodo (mg.kg ⁻¹) | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 50 |
| Ferro (mg.kg ⁻¹) | 50 | 50 | 50 | 1000 |
| Zinco (mg.kg ⁻¹) | 30 | 30 | 30 | 500 |

Adaptado N.R.C. (1996) & Stokka (1999)

Para Barcellos *et al.* (1999), as tabelas de recomendações nutricionais são baseadas no consumo diário de matéria seca de 2 a 3% do peso vivo. Em animais mantidos a campo, o consumo torna-se variável dependente da época do ano, carga animal, disponibilidade, qualidade e estágio de maturidade da forragem. Portanto, as exigências devem ser empregadas como guia por não serem ajustadas às condições tropicais (Sousa, 1987).

Já foi apenas descrito que deficiências de Se, Cu, Zn e Co podem alterar a qualidade da resposta imune e o desempenho reprodutivo dos animais. Em vista disso, constatou-se que as tabelas de exigências para minerais não levavam em consideração a manutenção do sistema reprodutivo e a resposta imune. Para atingir esses objetivos, as necessidades orgânicas são maiores que àquelas para a manutenção orgânica (McDowell, 1999; Spears, 1998).

3.3 Deficiências de elementos minerais.

Geralmente, os desequilíbrios minerais estão relacionados com a quebra da homeostasia dos elementos no organismo pelo aumento da demanda orgânica nos desafios metabólicos da produção (ganho de peso, gestação, lactação e estresse). A

conseqüente elevação das exigências nutricionais e a diminuição da disponibilidade dos elementos na alimentação são fatores desencadeantes de distúrbios (Barcellos *et al.*, 1999).

Carências de minerais têm sido observadas em diversas regiões do mundo principalmente as tropicais, onde as variações estacionais do valor nutritivo das forragens limitam o desempenho animal devido ao déficit de energia e proteína. As características dos solos, precipitação pluviométrica, temperatura e manejo alteram consideravelmente o conteúdo mineral nas forragens (McDowell, 1999; Stokka, 1999).

Timm (2001_a), relaciona deficiências de energia e proteína com baixa produção de bovinos em áreas com pouca disponibilidade de forragem. Porém, sintomas semelhantes foram observados em áreas de pastagens abundantes, indicando que os desequilíbrios minerais podem ser influenciados pelas características dos solos.

Estas manifestações podem, na verdade, serem confundidas com deficiências de proteína e energia ou com parasitismos (Underwood & Suttle, 1999).

Corah (1996) considera que as deficiências marginais de oligoelementos podem afetar o funcionamento do sistema imune. Stokka (1999), afirma ser esta a primeira alteração verificada e que mudanças nas práticas de manejo e seleção genética rigorosa são os responsáveis pelas carências de minerais.

Já foram relacionadas por Hurley & Doane (1989) que as deficiências de determinados elementos minerais, principalmente Ca, P, Se, Zn, I, Cu, Mo, Co e Mn podem afetar a função reprodutiva.

No que se relaciona a fisiologia digestiva de ruminantes, alguns experimentos sugerem que a diminuição na digestibilidade ruminal da matéria orgânica e da parede celular da forragem consumida podem estar relacionadas a deficiências de P, Mg, S e Co (Komisarczuk *et al.*, 1987, citado por Ospina *et al.*, 1999).

3.4 Deficiências minerais no Brasil.

No Brasil, deficiências de P e Na são as mais freqüentes em animais mantidos

a campo devido à carência destes elementos em pastagens tropicais. A deficiência de Ca, embora menos freqüente, cobra importância nos bovinos de leite e, em menor escala, em suínos, aves e cães. Quanto aos oligoelementos, as deficiências rotineiramente observadas são as de Cu, Co e Zn, seguidas de Fe, Se e I (Tokarnia *et al.*, 1988).

Os graus de deficiência variam bastante, desde estados carenciais leves ou marginais que afetam principalmente a produtividade e a fertilidade até estados graves com sintomatologia específica (Tokarnia, 1998).

Os primeiros estudos sobre deficiência de P foram realizados em Minas Gerais na década de 1940 por Gióvine (1943) que fez o diagnóstico clínico, e Menicucci (1943) que complementou com dosagens do elemento no sangue (Tokarnia *et al.*, 1999).

Até 1976 haviam sido diagnosticadas deficiências de P, Cu, e I (Tokarnia *et al.*, 1999). Deste período até 1988 foi verificado que a carência de P era a mais importante em bovinos no Brasil seguida das deficiências de Cu e Co. Deficiências de Zn, Mg, I e Se tinham sido diagnosticadas (Tokarnia *et al.*, 1999).

A deficiência de Na foi constatada através da experimentação por Sousa *et al.* (1985). O mesmo autor, em 1982, encontrou carência de Zn em bovinos pela análise do microelemento no fígado (Tokarnia, 1998). Timm (2001_a), relatou que esta deficiência pode ser freqüente no resto do país devido aos baixos valores encontrados nas pastagens.

No norte de Mato Grosso, Tokarnia *et al.*, (1988) diagnosticaram, pela primeira vez, a carência de Zn através de análises hepáticas. Timm (2001_a), observou deficiências no nordeste de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Roraima.

A deficiência de Cu foi diagnosticada pela primeira vez no Brasil por Tokarnia *et al.* (1960) em bovinos com péssimo estado nutricional (Tokarnia *et al.*, 1999).

Em uma revisão, Tokarnia *et al.* (1988), citaram que valores baixos de Se sangüíneo foram obtidos pela primeira vez no Brasil por Luci *et al.* (1983), em São Paulo. Moraes (1986), no Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, encontrou valores diminuídos em amostras de fígado.

Mc Dowell *et al.* (1999), cita que Megale em 1949 descreveu casos de bócio congênito em terneiros no sul de Minas Gerais.

3.5 Deficiências minerais no Rio Grande do Sul.

Estudos sobre desequilíbrios de minerais no Rio Grande do Sul indicam deficiências de fósforo (Bauer *et al.*, 1964; Gavillon & Quadros, 1970; Trindade & Cavalheiro, 1990), cobre (Bauer *et al.*, 1964; Bondan *et al.*, 1991; Riet-Corrêa *et al.*, 1993), bem como excesso de molibdênio, o que favorece a deficiência de cobre pelas interações destes minerais (Moraes *et al.*, 1999).

Barros *et al.* (1988), diagnosticaram casos de Miopatia Nutricional em São Gabriel (RS) onde ocorreu a morte de 140 terneiros mantidos em pastagem de azevém. Os achados histopatológicos foram compatíveis com alterações relacionadas à deficiência de Se e Vitamina E. Após a administração destes elementos houve a remissão dos sintomas.

Baixos teores de sódio e zinco em pastagens nativas foram observados por Cavalheiro & Trindade (1992) e Senger *et al.* (1996; 1997).

González *et al.* (1999) observaram que novilhas de corte na região de Mostardas, RS, apresentaram baixos níveis de tiroxina plasmática sugerindo deficiência de iodo.

3.6 Diagnóstico de deficiências minerais.

Para o diagnóstico de deficiências minerais é fundamental, em primeiro lugar, analisar o rebanho do ponto de vista clínico-patológico e complementar com análises de fluidos orgânicos e pastagens. Quanto mais dados forem obtidos, mais seguro será o diagnóstico. Problemas na relação animal-planta-solo são úteis para observar o perfil mineral do rebanho (Tokarnia *et al.* 1999; Underwood & Suttle, 1999).

Esses mesmos autores sugerem que análises dos materiais provenientes de animais permitem verificar, de forma direta e com rapidez, carências existentes com mínimo risco de erro na interpretação dos resultados.

Para avaliação do perfil nutricional de minerais, as alterações dos eletrólitos no sangue podem fornecer diagnóstico mais decisivo que as suas concentrações na dieta consumida (Moraes *et al.*, 2000).

McDowell (1999), cita que análises de sangue, saliva, urina, fezes, tecido hepático e osso podem ser utilizadas para obter dados sobre o perfil mineral. Ammerman & Henry (1987), complementam essas análises com informações sobre performance do rebanho como taxa de natalidade, intervalo entre partos e peso do bezerro ao desmame. Estas observações são indicadores finais do perfil mineral em bovinos de corte.

Com relação à análise de fluidos, Fick *et al.* (1980), afirmam que fatores como estresse antes da amostragem, exercício, hemólise e tempo de separação do soro podem interferir no nível de minerais na amostra e devem ser controlados a fim de evitar erros.

A partir de amostras de tecido hepático pode-se obter o perfil de Co, Cu, Zn, Mn e Se. O tecido ósseo é útil para verificar deficiências de P e Ca. Sangue, soro e plasma fornecem valores seguros de Mg, Zn, Cu, P e Ca, no entanto, possuem limitações controláveis (Tokarnia *et al.*, 1999).

Perdas urinárias e/ou fecais podem ser úteis para prever o nível de mineral consumido (McDowell, 1987).

A determinação de Na e K na saliva é preferível a análises sanguíneas devido aos mecanismos homeostáticos destes elementos. Na deficiência de Na tem-se a diminuição drástica deste elemento e elevação dos valores de K de modo a diminuir a relação Na/K na saliva (González, 2000_a).

Alterações na atividade de enzimas no sangue ocorrem durante deficiências de determinados minerais. Estas análises são úteis para o diagnóstico uma vez que a contaminação com outros elementos não vai influenciar no resultado (McDowell, 1999). Já foi demonstrado por Ceballos *et al.* (1998), que a atividade da enzima glutatión peroxidase (GSH-Px) apresenta correlação com a concentração de Se no plasma ($r=0,97$). A utilização deste método para determinar carências de Se reduz

custos e dificuldades observadas quanto se determina o mineral no plasma (González, 2000_b).

Alterações na atividade de metaloenzimas dependentes de Cu no sangue como a ceruloplasmina e a superóxido dismutase podem ter valor diagnóstico (McDowell, 1999).

3.7 Minerais nas pastagens.

A quantidade de elementos minerais nas forragens depende de fatores como: solo, composição botânica, estágio vegetativo das plantas, condições climáticas estacionais e utilização e manejo das pastagens (McDowell, 1999; Underwood & Suttle, 1999).

O solo fornece para as forrageiras substâncias necessárias para o seu desenvolvimento. Quando ocorre baixa disponibilidade de nutrientes, pode ocorrer carência nas plantas e conseqüentemente nos animais (Cavalheiro & Trindade, 1992). Para McDowell (1999), apenas uma fração de minerais do solo é absorvida pelas plantas.

As espécies forrageiras apresentam variações na absorção de minerais do solo. Deste modo, leguminosas e plantas arbustivas absorvem mais minerais que gramíneas nas mesmas condições (Cavalheiro & Trindade, 1992; Underwood & Suttle, 1999).

Segundo Stokka (1999) as leguminosas possuem valores de Cu, Zn e Co mais elevados que gramíneas.

O amadurecimento das plantas provoca o declínio da quantidade de minerais devido à translocação de nutrientes para o sistema radicular (porção mais jovem). Elementos como P, K, Na, Cu, Se, Zn e Fe, estão em quantidades menores nas forragens maduras (Cavalheiro & Trindade, 1992; McDowell, 1999; MacPherson, 2000).

A lotação animal por unidade de área afeta a disponibilidade das espécies forrageiras visto que modifica a relação caule/folha provocando alterações no conteúdo mineral da forragem consumida (Cavalheiro & Trindade 1992).

O clima limita o potencial produtivo das plantas o que pode influenciar na disponibilidade de minerais nas forragens. Em altas temperaturas há diminuição da digestibilidade das forragens que dificulta a assimilação de nutrientes pelos animais (MacPherson, 2000).

Tokarnia *et al.* (1999), afirmam que ao analisar minerais nas pastagens, os elementos que interferem com outros devem ser determinados para fornecer um diagnóstico significativo. Além disso, faz-se necessário observar as variações dos elementos nas épocas do ano e a coleta de amostras representativas do que é consumido pelos animais.

Este mesmo autor sugere que ao coletar amostras de forragens, o relevo e as espécies predominantes no local devem ser observados. O ideal é colher espécies que estejam sendo consumidas na mesma altura do pastejo evitando aquelas junto às fezes e forragens secas não consumidas.

No Rio Grande do Sul Cavalheiro & Trindade (1992), analisaram a concentração de minerais nas pastagens nativas em 25 unidades de mapeamento de solos nas Regiões da Campanha e da Depressão Central durante a década de 1980. Neste estudo, foi observado que elementos como o P, Na, S, Cu e Zn apresentaram níveis inadequados ou deficientes para atender as necessidades de bovinos em pastejo enquanto Fe e Mn apresentaram-se excedentes às necessidades de ruminantes.

Senger *et al.* (1996, 1997), analisaram pastagens nativas em 11 unidades de mapeamento de solos nas Regiões da Depressão Central e da Campanha do Rio Grande do Sul e constataram valores semelhantes aos descritos por Cavalheiro & Trindade (1992).

4. MATERIAL E MÉTODOS.

4.1 Caracterização da Região da Depressão Central do Rio Grande do Sul.

Segundo Pesquisa da Pecuária Municipal (IBGE, 1997), a Depressão Central do Rio Grande do Sul comporta 20% do rebanho bovino do Estado (2,8 milhões de animais). A base da região é a criação de bovinos de corte em condições extensivas, mantidos em pastagem nativa. O município de Cachoeira do Sul, localizado a 200 km de Porto Alegre, tem como atividade econômica principal a pecuária de corte extensiva e a agricultura (soja).

Os solos desta região são pertencentes à unidade de mapeamento Santa Maria e Vacacaí na várzea de rios. Possui características ácidas, fertilidade natural moderada, disponibilidade bastante variável e pobre em fósforo disponível. O relevo desta unidade é suavemente ondulado com vegetação composta de gramíneas de crescimento estival. Tem como espécies predominantes o *Paspalum notatum* (grama forquilha) e o *Desmodium sp.* (pega-pega), *Eryngium* (caraguatá) é uma espécie indesejável freqüentemente observada. Normalmente este tipo de solo é utilizado para pastagens sendo que algumas áreas podem ser aplicadas para produção de culturas de verão principalmente soja, sorgo e milho. Em função da fertilidade, a suscetibilidade a erosão e a má drenagem, a utilização de culturas de inverno não é recomendada (Brasil, 1973).

A maioria dos produtores opta por criar os animais em campo nativo no sistema de pastejo contínuo com ou sem suplementação de sal comum iodado. Algumas propriedades utilizam outro nível alimentar aliado ou não a suplementação de minerais em todo o rebanho ou em determinadas categorias.

A incidência de deficiências de determinados minerais em pastagens nativas na Depressão Central do Rio Grande do Sul, citada por Cavalheiro & Trindade (1992) e Senger *et al.* (1996 e 1997) levaram a escolha da região para o presente trabalho.

4.2 Caracterização das propriedades

Foram selecionadas 4 propriedades na localidade de Capané, município de Cachoeira do Sul. Os critérios utilizados visaram selecionar aqueles rebanhos representativos da região em termos de raça, manejo, número de animais e tipo de pastagem nativa. Os rebanhos deviam ter quantidade de animais suficiente para realizar a amostragem, produção de corte como atividade produtiva principal, alimentação a base de campo nativo sem suplementação mineral completa, exceto sal comum e facilidades para obter registros de produção e amostras de fluidos biológicos (Tabela 4).

TABELA 4 - Características das propriedades estudadas em Cachoeira do Sul, Região da Depressão Central do Rio Grande do Sul.

| Características | A | B | C | D |
|---------------------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Finalidade | Reprodução de vacas de corte | Reprodução de vacas de corte | Reprodução de vacas de corte | Reprodução de vacas de corte |
| Área Total (aprox.) | 1200 ha | 270 ha | 700 ha | 1500 ha |
| Nº de animais (aprox.) | 600 | 315 | 450 | 665 |
| Vacas em reprodução | 300 | 120 | 230 | 150 |
| Raça | Zebu x Charolês | Cruza Zebu | Zebu x Angus | Zebu x Shorthon |
| Reprodução | IA com repasse de touros | IA com repasse de touros | IA com repasse de touros | Monta natural sem repasse |
| Idade 1ª entoure | 24 meses | 24 meses | 36 meses | 36 meses |
| Taxa de repetição prenhez | 55% | 45 % | 40 % | 56% |
| Alimentação | Campo nativo | Campo nativo | Campo nativo | Campo nativo |
| Pastagem cultivada | Primíparas no fim da gestação | - | - | - |
| Lotação por potreiro | 0,8 animais/ha | 0,6 animais/ha | 0,7 animais/ha | 0,8 animais/ha |
| Sal mineral | Sal comum | Sal comum | Sal comum | Sal comum |
| Tipo de Cocho | Pneu | Casinha | Pneu | Pneu |
| Frequência de reposição | Semanalmente | Semanalmente | Semanalmente | Semanalmente |

As colheitas de amostras de sangue, saliva e tecido vegetal consumido nos 30 dias anteriores à amostragem obedeceram a um calendário baseado em 4 etapas do ciclo produtivo das vacas.

- **Período 1:** época reprodutiva (monta e inseminação) segunda quinzena de janeiro de 2001;
- **Período 2:** repasse de touros (entoure de outono) na primeira quinzena de junho de 2001;
- **Período 3:** terço final da gestação na primeira quinzena de setembro de 2001;
- **Período 4:** primeiro terço da lactação na segunda quinzena de dezembro de 2001.

Em cada período, de cada propriedade foram escolhidos aleatoriamente 7 animais de um lote de 30 a 50 vacas. Desta maneira, o número de animais analisados durante o estudo foi de 112 (28 animais/rebanho em 4 rebanhos).

4.3 Obtenção das amostras de sangue.

As amostras de sangue foram tomadas mediante venipunção coccígea empregando o sistema *vacutainer*. De cada animal foi coletado sangue em frascos com e sem heparina, obedecendo às exigências dos kits analíticos de química úmida utilizados no ensaio laboratorial. As amostras foram mantidas sob refrigeração durante o transporte ao Laboratório de Análises Clínicas Veterinárias (LACVET) da Faculdade de Veterinária da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, em Porto Alegre.

4.4 Coleta de saliva e determinação de Na e K.

As amostras foram obtidas através da sucção de saliva mista da cavidade oral, na região lateral dos dentes molares inferiores das vacas (Figura 2). O aparato utilizado constava de uma sonda de aço inoxidável de 19 cm de comprimento acoplado a uma cânula plástica e esta a uma seringa plástica de 60 ml (Figura 3). Entre as amostragens individuais, o material foi lavado com água bidestilada a fim de evitar contaminações na saliva de cada animal.



FIGURA 2 – Método de obtenção de saliva mista nas vacas da Região da Depressão Central do Rio Grande do Sul

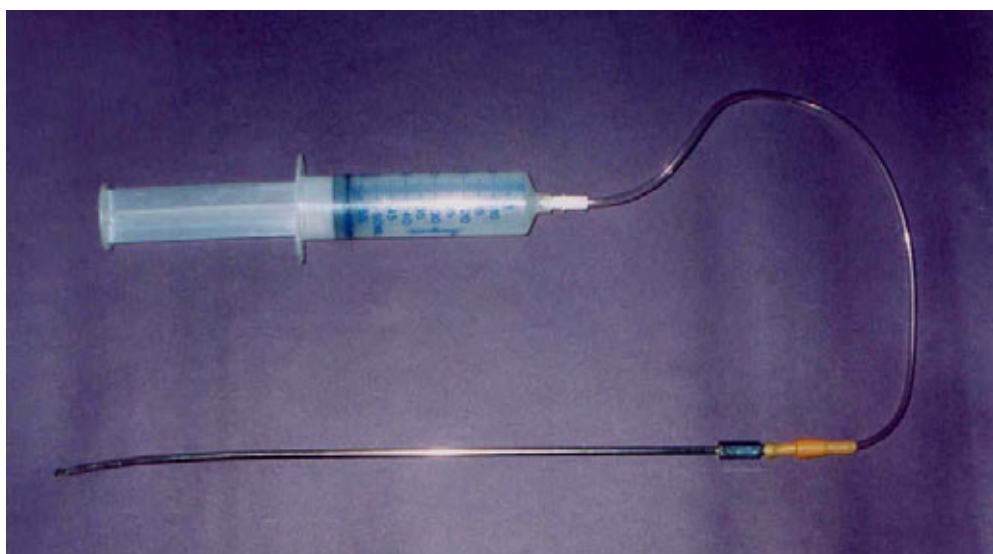


FIGURA 3 - Aparato utilizado para a coleta de saliva mista de bovinos.

Após a coleta, cada amostra foi acondicionada em tubos de vidro previamente tratados com ácido clorídrico a 1% e resfriada até o LACVET onde todas foram centrifugadas a 2800 rpm por 10 minutos para retirada de resíduos. O armazenamento foi em tubos *ependorf* a -20°C até determinação de Na e K em um espectrofotômetro Perkin Elmer (Analyst 100) de absorção atômica no modo emissão com chama de ar acetileno/oxidante. As emissões obtidas nas amostras

foram submetidas a uma equação de regressão elaborada através de uma curva de calibração de 0 a 10 mg.kg⁻¹ no Laboratório de Análises de Solos da Faculdade de Agronomia da UFRGS.

4.5 Análise bioquímica dos fluidos biológicos.

Uma alíquota de 50 µl de sangue total foi hemolisado com reagente fornecido pelo kit analítico Ransel¹ e conservado a -20°C para posterior determinação da atividade da enzima glutathione peroxidase mediante método cinético-enzimático adaptado de Paglia & Valentine (1967).

Os valores de hemoglobina, necessários para expressar a atividade da enzima, foram determinados pelo método colorimétrico do cianeto de hemoglobina² em um espectrofotômetro Metrolab Plus 1600. Após este procedimento, as amostras de sangue foram centrifugadas (3500 rpm, 15 min) para obtenção do plasma e soro, os quais foram conservados a -20°C até as análises dos demais metabólitos.

Os níveis de fósforo inorgânico no plasma foram determinados pelo método colorimétrico do azul-molibdênio¹ e os de cálcio sérico pelo método do púrpura de ftaleína².

Cobre e zinco plasmáticos foram analisados por espectrofotometria de absorção atômica em um espectrofotômetro Perkin Elmer – Analyst 100, modo absorção com chama de ar acetileno/oxidante com as diluições descritas por Fick *et al.* (1980).

A atividade da tiroxina (T₄) sérica foi determinada por radioimunoensaio utilizando reativos Count-a-Count total T₄³ no Laboratório de Radioimunoensaio do Hospital de Clínicas de Porto Alegre da UFRGS.

¹ Randox Laboratories Ltd., Antrim Reino Unido

² Labtest diagnóstica S.A., Lagoa Santa, MG, Brasil

³ DPC (Diagnostic Products Corporation, Los Angeles, CA)

4.6 Análise das pastagens.

Nos piquetes onde estavam os animais no dia da amostragem, foram coletadas forrageiras predominantes nos últimos 30 dias anteriores a coleta de fluidos. As plantas foram cortadas manualmente com o auxílio de uma tesoura de aço inoxidável (simulando o pastejo), colocadas em sacos plásticos, secas em estufa a 75°C com circulação de ar até peso constante e moídas em moinho de aço inoxidável. Posteriormente, as amostras foram enviadas em recipientes plásticos para Rodes Química Cajati (São Paulo) para determinação de P, Ca, Zn, Cu e Fe mediante espectrofotometria de absorção atômica, e Na e K por espectrometria em plasma de argônio.

4.7 Valores de referência de minerais.

Devido à falta de valores de referência para alguns minerais em fluidos biológicos em bovinos no Rio Grande do Sul, as médias encontradas no presente trabalho foram confrontadas com intervalos internacionais.

As médias de P plasmático foram comparadas com valores obtidos por González *et al.* (2000) em vacas mantidas no campo nativo sem suplemento mineral na região da Depressão Central do Estado.

Os teores de Na e K na saliva foram comparados com valores de Murphy & Connell (1970) e de Mufarrege (1999).

Os valores de referência preconizados no experimento estão descritos na Tabela 5.

TABELA 5 – Indicadores do perfil de minerais em bovinos de corte e valores de referência

| Mineral | Concentração | Autor |
|-------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|
| Fósforo (plasma) | 1,68 ± 0,19 mmol.L ⁻¹ | González <i>et al.</i> , 2000 |
| | 1,80 a 2,10 mmol.L ⁻¹ | Kaneko <i>et al.</i> , 1997 |
| Cálcio (soro) | 2,43 a 3,10 mmol.L ⁻¹ | Kaneko <i>et al.</i> , 1997 |
| | 2,16 a 2,65 mmol.L ⁻¹ | Bauer <i>et al.</i> , 1943 |
| Relação Ca:P (soro) | 2:1 | Kaneko <i>et al.</i> , 1997 |
| Sódio (saliva mista) | 147,70 ± 5,70 mEq.L ⁻¹ | Murphy & Connell, 1970 |
| | 145,00 mEq.L ⁻¹ | Mufarrege, 1999 |
| Potássio (saliva mista) | 8,10 ± 1,10 mEq.L ⁻¹ | Murphy & Connell, 1970 |
| | 5,00 mEq.L ⁻¹ | Mufarrege, 1999 |
| Relação Na:K | 20:1 | Mufarrege, 1999 |
| Cobre (plasma) | 10,00 a 22,00 µmol.L ⁻¹ | UACH* |
| | 9,42 a 23,55 µmol.L ⁻¹ | McDowell, 1999 |
| Zinco (plasma) | 9,18 a 12,24 µmol.L ⁻¹ | McDowell, 1999 |
| | 8,00 a 24,00 µmol.L ⁻¹ | UACH* |
| | 7,65 a 12,24 µmol.L ⁻¹ | Fick <i>et al.</i> , 1981 |
| Tiroxina (soro) | 54,00 a 110,70 nmol.L ⁻¹ | Kaneko <i>et al.</i> , 1997 |
| | 30,24 ± 10,30 nmol.L ⁻¹ | González <i>et al.</i> 1999 |
| GSH-PX (sangue) | <60 U/gHb (deficiente) | Wittwer, 1998 |
| | 61 a 100 U/gHb (baixo/marginal) | |
| | 101 a 130 U/gHb (marginal) | |
| | >130 U/gHb (adequado) | |

* Laboratório Patologia Clínica Veterinária - Universidade Austral de Chile (Valdivia, Chile)

Com o objetivo de justificar os valores obtidos nos fluidos biológicos, as médias das pastagens foram confrontadas com exigências nutricionais sugeridas pelo NRC (1996) para vacas de corte.

Além disso, os teores observados nas pastagens foram comparados com aqueles observados por Cavalheiro & Trindade (1992) e Senger *et al.* (1996 e 1997) na unidade de mapeamento de solo Santa Maria a qual pertence a região estudada.

4.8 Análises de dados.

Os dados foram organizados em um delineamento em blocos casualizados considerando as propriedades como um bloco e os períodos como tratamentos.

A análise estatística foi realizada com a análise de variância (ANOVA) a dois critérios de classificação do programa estatístico SAS versão 6.12 (Statistical Analysis System Institute, 1996). Como teste complementar de médias foi utilizado o teste de Tukey.

Para correlacionar os minerais dos fluidos e das pastagens foi feita correlação de Pearson.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.

5.1 Caracterização do perfil mineral.

O objetivo do presente trabalho foi diagnosticar possíveis deficiências de minerais essenciais em vacas de corte na região da Depressão Central do Rio Grande do Sul em diferentes etapas do ciclo produtivo mediante a determinação de indicadores metabólicos em fluidos biológicos e a concentração de minerais na pastagem consumida.

Para efeitos de discussão, cada mineral foi analisado em separado com exceção de Na e K que estão altamente relacionados no metabolismo animal.

5.2 Macrominerais.

5.2.1 Cálcio (Ca) e Fósforo (P).

O fósforo existe em combinações orgânicas dentro das células. Com o objetivo de determinar o perfil do elemento, usa-se o fósforo inorgânico que está presente no plasma.

A média de fósforo inorgânico no plasma foi de $1,55 \pm 0,32$ mmol.L⁻¹, abaixo das referências internacionais de Kaneko *et al.* (1997) de 1,80 a 2,10 mmol.L⁻¹ e dos valores observados por González *et al.* (2000) de $1,68 \pm 0,19$ mmol.L⁻¹ para vacas de corte na Região da Depressão do Rio Grande do Sul (Tabela 6).

Houve diferença significativa entre os períodos ($p < 0,05$). No primeiro período houve um aumento significativo, diminuindo no segundo e terceiro com

queda acentuada no quarto período. Entre as propriedades estudadas, não foi constatada variação significativa.

Nas pastagens nativas, a média de fósforo foi de $0,15 \pm 0,05\%$, superior aos valores descritos por Cavalheiro & Trindade (1992) de $0,13 \pm 0,01\%$ e da média observada por Senger *et al.* (1996) de $0,13 \pm 0,01\%$ na mesma unidade de mapeamento de solos. No entanto, a maioria das amostras não atende as exigências nutricionais mínimas de $0,16\%$ sugeridas pelo NRC (1996) (Tabela 6). Não houve diferença significativa entre os períodos ($p>0,05$).

A correlação ($r=0,04$) entre teores de fósforo no plasma e forragens foi muito baixa e não apresentou significância estatística ($p>0,05$). Com isso, pode-se afirmar que as médias de fósforo inorgânico no plasma variaram mais em função das demandas metabólicas do que pelos níveis do elemento nas pastagens nativas.

TABELA 6 – Valores médios e de desvio padrão de fósforo inorgânico no plasma de vacas de corte e em pastagem nativa em 4 períodos do ciclo produtivo na Região da Depressão Central do Rio Grande do Sul.

| Períodos | P (mmol.L ⁻¹) | | | P (% na MS) | | |
|--------------|---------------------------|---------------------|---------------|-------------|--------------------|---------------|
| | n | Média | Desvio padrão | N | Média | Desvio padrão |
| 1 | 28 | 1,87 ^a | 0,14 | 4 | 0,16 ^a | 0,07 |
| 2 | 28 | 1,47 ^{b,c} | 0,08 | 4 | 0,13 ^a | 0,04 |
| 3 | 28 | 1,56 ^b | 0,10 | 4 | 0,15 ^a | 0,04 |
| 4 | 28 | 1,32 ^c | 0,19 | 4 | 0,15 ^a | 0,05 |
| Total | 112 | 1,55 | 0,32 | 28 | 0,15 | 0,05 |
| IC* | | 0,92 – 2,18 | | | 0,04 – 0,26 | |

a,b,c – médias indicadas pela mesma letra na mesma coluna não diferem significativamente entre si ($p>0,05$).

* Intervalo de confiança 95%.

A média do Período 1 (monta, verão) esteve significativamente maior ($p<0,05$) que os outros períodos. Este aumento pode estar relacionado à menor demanda metabólica de fósforo para manutenção das funções reprodutivas. O teor de P nas pastagens foram suficientes para suprir as demandas orgânicas destes animais.

Nos demais períodos, as médias foram inferiores aos valores mínimos de 1,80 a 2,10 mmol.L⁻¹ citados por Kaneko *et al.* (1997) e daqueles de 1,68 ± 0,19 mmol.L⁻¹ constatados por González *et al.* (2000) em novilhas da mesma região. Tais resultados podem indicar deficiência marginal de fósforo como sugerido por Cavalheiro & Trindade (1992) e Senger *et al.* (1996) com base nos baixos teores do mineral em pastagens nativas.

Houve diferença significativa entre as médias de fósforo inorgânico nos Períodos 3 (terço final da gestação, inverno) e 4 (início da lactação, primavera) sendo menor a concentração neste último (p<0,05). Isso indica que as demandas orgânicas do mineral são maiores para a produção de leite do que para manutenção do terço final da gestação. Na lactação, além da eliminação do mineral pelo leite, existe a utilização deste para a síntese de lipídios, glicídios e proteínas lácteas.

O fato de haver pouca disponibilidade de fósforo nas pastagens nos períodos correspondentes colaborou com a queda das concentrações plasmáticas do elemento nestas categorias de animais.

Estes resultados observados foram semelhantes aos descritos por Gióvine (1943) que constatou baixas concentrações de fósforo plasmático de vacas de corte em lactação.

Mufarrege (1999), afirma que a determinação do fósforo inorgânico sangüíneo é um bom indicador do metabolismo de fósforo em ruminantes e que fornece dados reais sobre estados de deficiência em vacas de cria.

No quarto período (lactação), as médias das propriedades A (1,26 mmol.L⁻¹) e D (1,08 mmol.L⁻¹) apresentaram-se abaixo dos valores de referência e em níveis críticos segundo Timm (2001_b). O referido autor sugere que a suplementação de P na dieta de animais com médias entre 0,48 a 1,30 mmol.L⁻¹ de fósforo sangüíneo é recomendável para apresentar bons resultados em termos de produtividade.

Não foram evidenciadas manifestações clínicas de deficiência em tais propriedades apesar de os níveis de fósforo plasmático estarem semelhantes aos citados por Lisboa *et al.* (1996). Esse autor constatou que vacas provenientes de áreas endêmicas de Botulismo Epizoótico apresentaram hipofosfatemia (1,16 ± 0,54 mmol.L⁻¹) e diminuição de P ósseo. Neste caso os sintomas indicaram que os mecanismos homeostáticos de P já se encontravam ineficientes

Os sinais clínicos não são freqüentes em casos de deficiência de P porque os ruminantes apresentam a capacidade de se adaptar a baixos níveis do mineral na dieta aumentando a absorção renal e diminuindo a excreção fecal a fim de manter a níveis estáveis para as funções essenciais. Após o esgotamento desse mecanismo, ocorre a mobilização de reservas ósseas para a manutenção dos níveis sanguíneos.

As vacas de corte em lactação consumindo dietas deficientes em fósforo podem apresentar valores plasmáticos diminuídos sem alterar a composição óssea. Esta alteração indica que o controle homeostático do mineral é eficiente no primeiro instante, nos períodos de maior necessidade metabólica (Underwood & Suttle, 1999).

O teor de ferro nas pastagens nativas foi determinado com o intuito de avaliar a relação com o perfil do fósforo inorgânico no plasma. É sabido que o excesso de ferro na alimentação pode interferir na absorção do fósforo no ruminante e provocar diminuição dos valores de fósforo plasmático.

A média de ferro nas pastagens nativas foi de $721,88 \pm 458,70 \text{ mg.kg}^{-1}$ na matéria seca, acima das necessidades nutricionais mínimas para bovinos (50 mg.kg^{-1}) sugeridas pelo NRC (1996). Os valores coincidiram aos descritos por Cavalheiro & Trindade (1992) em algumas áreas na primavera, no fim do inverno e no outono.

A correlação ($r=0,12$) entre o ferro na pastagem e o fósforo no plasma foi fraca indicando que os teores de ferro nas pastagens quase não influenciaram nos baixos índices de fósforo inorgânico.

Os perfis de cálcio no soro e na pastagem nativa foram avaliados com o intuito de complementar as análises de fósforo visto que esses minerais atuam juntos em vários processos metabólicos.

A média de Ca sérico foi de $1,94 \pm 0,16 \text{ mmol.L}^{-1}$ abaixo dos intervalos de 2,16 a $2,65 \text{ mmol.L}^{-1}$ observados por Bauer *et al.* (1964) no Rio Grande do Sul, e internacionais de Kaneko *et al.* (1997), valor de 2,43 a $3,10 \text{ mmol.L}^{-1}$ (Tabela 7). Houve diferença significativa entre os períodos ($p<0,05$).

Na pastagem nativa, a média de cálcio foi de $0,59 \pm 0,11\%$ na matéria seca, semelhante ao valor de 0,60% descrito por Senger *et al.* (1997) e acima do valor de 0,25% constatado por Cavalheiro & Trindade (1992) na mesma unidade de

mapeamento de solos. Os níveis encontrados atendem as exigências nutricionais mínimas sugeridas pelo NRC (1996) que vão de 0,19 a 0,25% na matéria seca (Tabela 7). Não houve diferença significativa entre os períodos ($p>0,05$).

A correlação ($r=-0,20$) entre os teores de cálcio no sangue e nas forragens foi significativa ($p<0,05$), porém, baixa; sendo que apenas 4,2% da variabilidade do cálcio no sangue pode ser pelo conteúdo de mineral na pastagem.

TABELA 7 - Valores médios e de desvio padrão de cálcio no soro de vacas de corte e em pastagem nativa em 4 períodos do ciclo produtivo na Região da Depressão Central do Rio Grande do Sul.

| Períodos | Ca (mmol.L ⁻¹) | | | Ca (% na MS) | | |
|--------------|----------------------------|---------------------|---------------|--------------|--------------------|---------------|
| | n | Média | Desvio padrão | n | Média | Desvio padrão |
| 1 | 28 | 2,43 ^a | 0,20 | 4 | 0,55 | 0,13 |
| 2 | 28 | 1,90 ^b | 0,12 | 4 | 0,66 | 0,18 |
| 3 | 28 | 1,94 ^{a,b} | 0,14 | 4 | 0,60 | 0,12 |
| 4 | 28 | 1,86 ^b | 0,12 | 4 | 0,61 | 0,04 |
| Total | 112 | 1,94 | 0,16 | 28 | 0,59 | 0,11 |
| IC* | | 1,63 – 2,25 | | | 0,36 – 0,82 | |

a,b,c – médias indicadas pela mesma letra na mesma coluna não diferem significativamente entre si ($p>0,05$).

* Intervalo de confiança 95%.

A média de cálcio no Período 1 (verão, monta) foi maior que nos outros períodos e apresentou diferença significativa ($p<0,05$). Este resultado pode ser relacionado com a menor demanda metabólica de cálcio para manutenção das funções reprodutivas em vacas de corte.

O menor valor de cálcio no período 4 (lactação), está relacionado à eliminação do mineral pelo leite.

Apesar das médias de cálcio nas forragens estarem acima das exigências sugeridas para bovinos de corte, a calcemia apresentou-se abaixo dos valores de referência em todos os períodos.

Este resultado pode estar associado a uma carência de proteína fornecida pela pastagem nativa visto que esta deficiência pode diminuir a absorção de cálcio no intestino (González, 2000).

Além disso, 45% do cálcio circulante está associado a proteínas, principalmente a albumina. Em situações de carência protéica, pode-se encontrar baixos níveis sanguíneos de cálcio.

Cavalheiro & Trindade (1992) citam que as forrageiras nativas do Rio Grande do Sul possuem flutuações na qualidade e quantidade de proteína e energia no decorrer do ano. Com base nisso, pode-se supor que os valores de cálcio sérico variaram conforme este critério.

Os níveis de albumina, proteína e uréia no sangue são úteis para a avaliação do perfil protéico em animais de produção. A comparação dos resultados obtidos para cálcio sanguíneo com o perfil metabólico seriam úteis para relacionar a queda dos teores de cálcio e a carência de proteína nas pastagens.

Altos teores de magnésio na dieta podem influenciar negativamente na absorção do cálcio no intestino de ruminantes. Cavalheiro & Trindade (1992), observaram níveis de magnésio (0,20%), acima das necessidades nutricionais para bovinos. Com base nesta observação, pode-se sugerir que os valores de cálcio sérico encontrados no experimento sofreram alguma interferência desse elemento.

Para que o cálcio e o fósforo possam ser assimilados pelo organismo, há necessidade que ambos estejam em proporções adequadas na dieta. A média da relação Ca:P observada nas pastagens foi de 3,91, dentro do intervalo sugerido por Cavalheiro & Trindade (1992) que citam uma relação ideal entre 1,5:1 a 4:1.

McDowel (1999) afirma que a relação Ca:P na dieta entre 1:1 a 2:1 é ideal para manutenção do crescimento e formação do esqueleto, embora os ruminantes possam tolerar variações mais amplas sem alterações aparentes

A média da relação Ca:P (Tabela 8) no sangue que foi de $1,29 \pm 0,28$. Este resultado esteve próximo aos valores fisiológicos de 2:1. Houve diferença significativa entre os períodos ($p < 0,05$).

TABELA 8 - Valores médios e de desvio padrão da relação Ca:P de vacas de corte e em pastagem nativa em 4 períodos do ciclo produtivo na Região da Depressão Central do Rio Grande do Sul.

| Períodos | Ca:P sangüíneo | | |
|--------------|--------------------|---------------------|---------------|
| | n | Média | Desvio padrão |
| 1 | 28 | 1,11 ^a | 0,19 |
| 2 | 28 | 1,32 ^{b,c} | 0,20 |
| 3 | 28 | 1,27 ^{a,b} | 0,21 |
| 4 | 28 | 1,48 ^c | 0,36 |
| Total | 112 | 1,29 | 0,28 |
| IC* | 0,74 – 1,84 | | |

a,b,c – médias indicadas pela mesma letra na mesma coluna não diferem significativamente entre si ($p > 0,05$).

* Intervalo de confiança 95%.

A média da relação Ca:P do período 1 foi significativamente menor ($p < 0,05$). Este resultado coincidiu com o período em que houve maior nível de fósforo sangüíneo que provocou a queda da relação.

O maior valor da relação Ca:P foi encontrado no período 4 onde houve os menores teores de fósforo inorgânico sangüíneo. Foi constatada diferença significativa ($p < 0,05$) entre esse período e o terceiro. Isto afirma que as vacas do período 4 estão apresentando carência significativa de fósforo devido maior demanda metabólica deste mineral.

5.2.2 Sódio (Na) e Potássio (K).

Foram coletadas amostras de saliva em 3 períodos (monta, final da gestação e início da lactação) para avaliação do perfil de Na e K.

A média de sódio na saliva mista foi de $88,19 \pm 31,05$ mEq.L⁻¹, abaixo das referências citadas por Mufarrege (1999) de 145 mEq.L⁻¹ e as observadas por

Murphy & Connel (1970) de $147,70 \pm 5,7$ mEq.L⁻¹. Com relação ao K, a média observada foi de $22,30 \pm 17,12$ mEq.L⁻¹, acima dos intervalos de referência de 5 mEq.L⁻¹ citados por Mufarrege (1999) e dos observados por Murphy & Connel (1970) de $8,1 \pm 1,1$ mEq.L⁻¹ (Tabela 9). Não houve diferença significativa entre os períodos ($p < 0,05$).

A média da relação Na:K na saliva mista foi de 9,81, abaixo do sugerido por Mufarrege (1999), quem cita que uma relação Na:K igual ou inferior a 10:1 é indicativo de deficiência de sódio (Tabela 9). Não houve diferença significativa entre os períodos ($p < 0,05$).

Nas pastagens nativas, a média de sódio foi $147,93 \pm 85,39$ mg.kg⁻¹, abaixo da média de 300 mg.kg⁻¹ observada por Cavalheiro & Trindade (1992) e do valor de 400 mg.kg⁻¹ observado por Senger *et al.* (1997) na mesma unidade de mapeamento de solos. Quando confrontados com as exigências de 600 a 1000 mg.kg⁻¹ do NRC (1996), é constatado que não atendem as necessidades mínimas para bovinos de corte.

Com relação ao potássio, a média observada foi de $0,51 \pm 0,11\%$, abaixo das médias obtidas por Cavalheiro & Trindade (1992) de 1,08% e dos valores de 0,98% constatados por Senger *et al.* (1996) na mesma unidade de mapeamento de solos. No entanto, atingem as necessidades nutricionais mínimas de 0,60% para bovinos de corte segundo o NRC (1996).

A alta heterogenicidade das médias não permitiu que fossem determinadas as correlações entre sódio e potássio na saliva mista e pastagem.

TABELA 9 – Valores médios e de desvio padrão de Na, K e relação Na:K na saliva mista em vacas de corte em 3 períodos do ciclo produtivo na Região da Depressão Central do Rio Grande do Sul.

| Períodos | n | Na (mEq.L ⁻¹) | | K (mEq.L ⁻¹) | | Na:K |
|--------------|-----------|---------------------------|--------------|--------------------------|--------------|--------------------|
| | | Média | DP | Média | DP | Média |
| 2 | 28 | 89,16 ^a | 26,24 | 21,15 ^a | 17,03 | 8,18 ^a |
| 3 | 28 | 78,02 ^b | 29,19 | 22,89 ^a | 17,22 | 9,83 ^a |
| 4 | 28 | 97,38 ^a | 35,02 | 22,84 ^a | 17,12 | 11,44 ^a |
| Total | 84 | 88,19 | 31,05 | 22,30 | 17,12 | 9,82 |

a,b,c – médias indicadas pela mesma letra na mesma coluna não diferem significativamente entre si ($p > 0,05$).

* Intervalo de confiança 95%.

Mesmo recebendo suplementação com sal comum, os animais apresentaram baixas concentrações de sódio na saliva mista. Este resultado pode significar que a suplementação está sendo insuficiente e ineficiente para a manutenção dos animais.

As vacas em gestação (Período 3) apresentaram médias de sódio na saliva mista significativamente inferiores ($p < 0,05$) que pode estar relacionada ao menor aporte de sódio na alimentação associado às exigências nutricionais elevadas.

Timm (2001_a), relata que a deficiência de sódio é mais provável de ocorrer quando os níveis baixos na dieta estão associados com outros fatores como lactação, sudorese, trabalhos intensos e solos fertilizados com potássio que provoca a diminuição dos níveis de sódio nas pastagens.

Como descrito por Murphy & Connel (1970) e Mufarrege (1999), foi verificado na saliva mista, aumento dos níveis de potássio e diminuição dos teores de sódio.

Underwood & Suttle (1999) observaram, na saliva mista de bovinos com deficiência de sódio, média de 40 mmol.L^{-1} para Na e 90 mmol.L^{-1} para K, a relação Na:K foi de 0,45.

A média da relação Na:K coincidiu com o descrito por Mufarrege (1999) para bovinos com deficiência de sódio. O referido autor cita que a relação Na:K diminui para 10:1 e que os animais apresentam resposta significativa à suplementação. Não houve diferença significativa ($p < 0,05$).

Em função da escassez de estudos relativos a determinação de sódio e potássio na saliva mista de bovinos, a comparação dos resultados obtidos fica comprometida. Não é possível afirmar deficiência de sódio até que haja estudos complementares avaliando a resposta à suplementação.

A obtenção de amostras frequentes de saliva acompanhados de experimentação com vários níveis de sódio na dieta é capaz de fornecer um diagnóstico mais preciso de carência do elemento.

5.3 Microminerais.

5.3.1 Zinco (Zn).

A média de zinco plasmático foi de $15,93 \pm 2,75 \mu\text{mol.L}^{-1}$, próximos dos intervalos de referência sugeridos por McDowell (1999) de 9,18 a $12,24 \mu\text{mol.L}^{-1}$, UACH de 8 a $25 \mu\text{mol.L}^{-1}$ e dentro dos intervalos sugeridos por Fick *et al.* de 7,65 a $12,24 \mu\text{mol.L}^{-1}$. (1981). Foram observadas diferenças significativas nas médias de zinco plasmático entre os períodos ($p < 0,05$) (Tabela 10).

Nas pastagens nativas, a média de Zn foi de $21,50 \pm 8,89 \text{mg.kg}^{-1}$ na matéria seca, acima dos valores de 20mg.kg^{-1} descritos por Cavalheiro & Trindade (1992) e de 16mg.kg^{-1} obtidos por Senger *et al.* (1996) na mesma unidade de mapeamento de solos (Tabela 10). No entanto, a maioria das amostras não atende as exigências nutricionais de 30mg.kg^{-1} sugeridas pelo NRC (1996) para categoria correspondente.

TABELA 10 – Valores médios e de desvio padrão de zinco no plasma de vacas de corte e em pastagem nativa em 4 períodos do ciclo produtivo na Região da Depressão Central do Rio Grande do Sul.

| Períodos | Zn ($\mu\text{mol.L}^{-1}$) | | | Zn (mg.kg^{-1} na MS) | | |
|--------------|-------------------------------|----------------------|---------------|---------------------------------|---------------------|---------------|
| | n | Média | Desvio padrão | n | Média | Desvio padrão |
| 1 | 28 | 18,96 ^a | 2,09 | 4 | 21,50 ^a | 6,70 |
| 2 | 28 | 15,47 ^b | 1,64 | 4 | 22,75 ^a | 6,08 |
| 3 | 28 | 14,21 ^c | 2,08 | 4 | 20,00 ^a | 4,26 |
| 4 | 28 | 14,86 ^{b,c} | 2,42 | 4 | 21,75 ^a | 14,85 |
| Total | 112 | 15,93 | 2,75 | 28 | 21,50 | 8,89 |
| IC* | | 10,53 – 21,31 | | | 2,55 – 40,45 | |

a,b,c – médias indicadas pela mesma letra na mesma coluna não diferem significativamente entre si ($p > 0,05$).

* Intervalo de confiança 95%.

A média do Período 1 (monta) foi significativamente maior que nos demais ($p < 0,05$). Isso indica que as vacas em reprodução apresentam menor demanda

metabólica para esta função e que os níveis de zinco nas pastagens, apesar de baixos, foram suficientes para a manutenção das funções reprodutivas nessa região.

Apesar dos teores nas forragens estarem inferiores às exigências, os níveis de zinco plasmático permaneceram normais. Isso pode significar que as vacas estão mobilizando suas reservas hepáticas para a manutenção destes índices. Outra possibilidade é que os valores de referência de Zn para bovinos de corte nesta região sejam diferentes dos preconizados por outros autores ou que as exigências sejam menores.

Os resultados foram semelhantes aos de Moraes *et al.* (2000) que constataram níveis séricos normais em vacas mantidas em pastagem deficiente em Zn.

As vacas no final da gestação e na lactação (períodos 3 e 4) apresentaram médias inferiores. Isso pode ser atribuído a uma demanda elevada de Zn para os processos metabólicos responsáveis pela manutenção destas funções (Underwood & Suttle, 1999). Não foram apresentadas diferenças significativas entre esses dois períodos ($p>0,05$).

Estas médias podem indicar que esses animais encontram-se em estado de carência marginal.

Wittwer *et al.* (1988), analisando o perfil de oligoelementos em rebanhos leiteiros em várias regiões do Chile, constataram que as vacas com menos de 4 meses de lactação apresentaram menores índices de Zn no plasma.

A correlação ($r=0,09$) entre o zinco do plasma e da forragem foi baixa. Apesar disso, os teores de Zn plasmático apresentaram-se inferiores no período em que houve menor quantidade de mineral fornecido na pastagem. Isso sugere que o nível nutricional da dieta influi na composição sanguínea do elemento como foi constatado por Moraes *et al.* (2001) em vacas que mostraram elevação da média de Zn plasmático quando recebiam maior nível de sulfato de Zn na dieta.

As médias de zinco plasmático não foram correlacionadas com os teores de cálcio, fósforo e magnésio nas pastagens, minerais que podem afetar a absorção de zinco (McDowell, 1999).

5.3.2 Cobre (Cu).

A média de cobre plasmático foi de $10,93 \pm 2,26 \mu\text{mol.L}^{-1}$, dentro dos intervalos de referências preconizados por McDowell (1998) de 9,42 a $23,55 \mu\text{mol.L}^{-1}$ e da UACH de 10 a $22 \mu\text{mol.L}^{-1}$.

Na pastagem nativa, a média de Cu no campo nativo foi de $7,31 \pm 1,49 \mu\text{mol.L}^{-1}$, abaixo dos valores observados por Senger *et al.* (1997) e $9,25 \text{ mg.kg}^{-1}$ e acima daqueles citados por Cavalheiro & Trindade (1992) de $6,00 \text{ mg.kg}^{-1}$ para a mesma unidade de mapeamento de solos. Os valores obtidos no presente trabalho são insuficientes para atender as necessidades mínimas (10 mg.kg^{-1}) de ruminantes em pastejo (NRC, 1996) (Tabela 11).

Conforme Riet-Corrêa (2001) a média observada no experimento, estaria acima dos índices marginais para bovinos desde que os níveis de molibdênio não estivessem elevados.

Houve baixa correlação ($r=0,4$) entre os níveis de cobre nas pastagens e no sangue. Wittwer *et al.*, 1988 observaram o mesmo resultado no Chile e atribuíram a capacidade dos animais de ajustar o balanço de minerais através de seus mecanismos homeostáticos.

TABELA 11 – Valores médios e de desvio padrão de cobre no plasma de vacas de corte e em pastagem nativa em 4 períodos do ciclo produtivo na Região da Depressão Central do Rio Grande do Sul.

| Períodos | Cu ($\mu\text{mol.L}^{-1}$) | | | Cu (mg.kg^{-1} na MS) | | |
|--------------|-------------------------------|---------------------|---------------|---------------------------------|---------------------|---------------|
| | n | Média | Desvio padrão | n | Média | Desvio padrão |
| 1 | 28 | 11,66 ^a | 0,71 | 4 | 9,00 ^a | 1,15 |
| 2 | 28 | 12,06 ^a | 2,10 | 4 | 6,75 ^a | 1,26 |
| 3 | 28 | 9,09 ^b | 1,17 | 4 | 6,50 ^a | 0,58 |
| 4 | 28 | 10,94 ^a | 1,36 | 4 | 7,00 ^a | 1,83 |
| Total | 112 | 10,93 | 2,26 | 28 | 7,31 | 1,49 |
| IC* | | 6,50 – 15,36 | | | 4,39 – 10,49 | |

a,b,c – médias indicadas pela mesma letra na mesma coluna não diferem significativamente entre si ($p>0,05$).

* Intervalo de confiança 95%.

No período 3 (gestação) a média esteve no limite inferior dos valores de referência e apresentou diferença significativa ($p < 0,05$). Este valor pode ser atribuído a uma maior demanda metabólica da gestação aliada a baixa disponibilidade de cobre na pastagem nativa.

As vacas deste período podem ser consideradas portadoras de deficiência marginal segundo McDowell (1999) que associa este tipo de carência a médias menores de $9,42 \mu\text{mol.L}^{-1}$ de cobre no plasma.

Apesar disso, Riet-Corrêa (2001), afirma que é difícil determinar que níveis de Cu podem causar deficiências. Em geral, sinais clínicos associados à carência primária ocorrem quando as pastagens contêm menos de 3 mg.kg^{-1} de Cu enquanto níveis de $3-5 \text{ mg.kg}^{-1}$ são marginais.

Com exceção do período 3 os resultados foram semelhantes aos apresentados por Moraes *et al.* (2000) que observou níveis de cobre plasmáticos normais ($11,93 \mu\text{mol.L}^{-1}$) em vacas que consumiam pastagens deficientes.

Wittwer *et al* (1988) constataram diminuição significativa dos valores séricos de cobre de vacas em estágio avançado de gestação e atribuíram isso as exigências elevadas para manutenção e a depleção do cobre hepático. Neste caso, todas as amostras de pastagem, os níveis estiveram acima do mínimo recomendado para bovinos.

A absorção do cobre da dieta depende da fonte, das condições ruminais e da presença de antagonistas como ferro, enxofre e molibdênio. Em vista disso, alguns elementos foram determinados para obter a comparação.

O ferro em excesso na dieta interfere no metabolismo do cobre através da retenção por sulfetos (FeS) solúveis no rúmen ou ligação com ferro insolúvel (Underwood & Suttle, 1999).

No presente experimento, a média de ferro obtido no campo nativo foi de $721,88 \pm 458,70 \text{ mg.kg}^{-1}$, acima dos 50 mg.kg^{-1} na MS recomendado pelo NRC (1996) e próximo aos valores tóxicos de 1000 mg.kg^{-1} para ruminantes.

A correlação ($r=0,33$) entre as médias de cobre do plasma e de ferro na pastagem foi baixa. Com base nisso pode-se afirmar que os teores de ferro quase não interferiram nos níveis de cobre plasmáticos.

O molibdênio é o mais importante antagonista do cobre, pois níveis acima de 10 mg.kg⁻¹ na matéria seca são passíveis de provocar deficiência secundária de cobre. No experimento a média de Mo foi de 0,15 mg.kg⁻¹, abaixo dos valores de 0,32 mg.kg⁻¹ observados por Gavillon & Quadros, 1966 op cit. Cavalheiro & Trindade, 1992.

Com base nestes valores, pode-se afirmar que as deficiências de cobre podem ser primárias ou por interferência com Fe visto a baixa quantidade de molibdênio nas forragens nativas.

5.3.3 Avaliação de Selênio (Se) através da atividade da glutathion peroxidase.

A atividade da enzima glutathion peroxidase (GSH-Px) é um indicador seguro do perfil de selênio visto que a presença do mineral na estrutura da enzima permite que exista uma alta relação entre a concentração de selênio com a sua atividade (González, 2000a).

A média de glutathion peroxidase (GSH-Px) no sangue foi de 33,10 ± 21,78 U/gHb, considerado como estado de deficiência de selênio segundo Wittwer, 1998.

TABELA 12 – Valores médios e de desvio padrão da atividade da enzima GSH-Px no sangue de vacas de corte em pastagem nativa em 4 períodos do ciclo produtivo na Região da Depressão Central do Rio Grande do Sul.

| Períodos | GSH-Px (U/gHb) | |
|--------------|--------------------|---------------|
| | Média | Desvio padrão |
| 1 | 52,27 ^a | 25,52 |
| 2 | 30,03 ^b | 20,52 |
| 3 | 20,26 ^b | 7,25 |
| 4 | 22,94 ^b | 9,44 |
| Total | 33,10 | 21,78 |

a,b,c – médias indicadas pela mesma letra na mesma coluna não diferem significativamente entre si (p>0,05).

Em todos os períodos analisados as médias estiveram abaixo dos valores de referência, indicando que os animais possam estar apresentando uma deficiência de selênio. Houve diferença significativa entre os períodos ($p < 0,05$).

A média de GSH-Px esteve maior no Período 1 ($p < 0,05$) e pode estar relacionado com maiores índices de selênio nas pastagens e com as menores necessidades metabólicas dos animais.

No período 3 (final da gestação) as vacas apresentaram menor média sendo esta relacionada ao estado fisiológico em que se encontravam. Não houve diferença significativa ($p > 0,05$).

Considerando a forte correlação significativa ($r = 0,93$) observada por Ceballos *et al.* (1999) entre a atividade da GSH-Px e os teores de selênio nas pastagens, pode-se sugerir que as pastagens nativas da Região da Depressão Central apresentem níveis de selênio insuficientes para bovinos em pastejo.

A ausência de estudos sobre o perfil metabólico do selênio e da atividade sangüínea da GSH-Px no Brasil e no Rio Grande do Sul dificultou a interpretação dos valores obtidos neste experimento. Em função disso, há necessidade de outros ensaios aliando a atividade da enzima com a suplementação de Se na alimentação para determinar uma correlação e estipular valores de referência para as nossas condições.

5.3.4 Avaliação do Iodo (I) mediante a determinação de tiroxina (T_4).

Os níveis de T_4 sérico servem como indicador seguro do metabolismo do iodo, pois o hormônio contém 65,30% do mineral em sua molécula (Kaneko *et al.*, 1997).

A média de T_4 sérico foi de $44,22 \pm 15,38 \text{ nmol.L}^{-1}$, abaixo dos intervalos de referência citados por Kaneko *et al.* (1997) de 54 a $110,7 \text{ nmol.L}^{-1}$ e acima dos observados por González *et al.* (1999) de $30,24 \pm 10,30 \text{ nmol.L}^{-1}$ em novilhas de corte no município de Mostardas no Rio Grande do Sul.

TABELA 13 – Valores médios e de desvio padrão de tiroxina (T₄) no sangue de vacas de corte em pastagem nativa em 4 períodos do ciclo produtivo na Região da Depressão Central do Rio Grande do Sul.

| Períodos | T4 (nmol.L ⁻¹) | |
|--------------|----------------------------|---------------|
| | Média | Desvio padrão |
| 1 | 52,53 ^a | 13,72 |
| 2 | 51,24 ^a | 16,44 |
| 3 | 40,28 ^b | 12,07 |
| 4 | 32,83 ^b | 9,75 |
| Total | 44,22 | 15,38 |

a,b,c – médias indicadas pela mesma letra na mesma coluna não diferem significativamente entre si (p>0,05).

As médias dos Períodos 1 e 2 foram similares e significativamente mais elevadas (p<0,05) que os demais períodos.

As vacas gestantes apresentaram valores superiores comparados aos obtidos nas vacas em lactação. Estes resultados coincidem com os observados por Contreras *et al.* (1999) em vacas de leite no Sul do Chile. Neste experimento, as vacas em lactação apresentaram menores concentrações de T₄ que aquelas em gestação recebendo a mesma dieta.

O mesmo autor cita que esses resultados podem estar relacionados ao balanço energético negativo e as exigências nutricionais elevadas do período.

Esse fato pode ser confirmado por Dayrell *et al.* (1986) que menciona um requerimento maior de I em vacas lactantes visto que 10% do consumido é excretado pelo leite.

Underwood & Suttle (1999) mencionam que vacas em lactação podem ter médias de T₄ entre 25 a 50 nmol L⁻¹ nas primeiras 4 semanas após o parto.

Devido às limitações do campo nativo no Rio Grande do Sul, pode-se sugerir que ocorre uma deficiência de iodo principalmente durante a lactação em vacas de corte.

6. CONCLUSÕES.

- a)** Existe deficiência de fósforo em todos os períodos analisados sendo esta menos proeminente no período de reprodução das vacas.
- b)** Há uma queda nos níveis de cálcio sérico e provavelmente está relacionado a uma carência de proteína na dieta. Em vista disso, há necessidade de experimentos que avaliem o perfil proteico e correlacione com as médias de Ca observadas.
- c)** Os animais apresentaram deficiência de sódio que foi verificada através da diminuição da relação Na:K na saliva. Porém, os valores apresentados sugerem outros ensaios experimentais a fim de estabelecer valores passíveis de comparação com os apresentados.
- d)** Os níveis de cobre plasmático estiveram dentro dos intervalos de referência com exceção do período 3 em que as vacas estavam no final da gestação.
- e)** Não há deficiência de zinco plasmático nas vacas amostradas apesar de ocorrer baixos níveis do elemento nas pastagens nativas. Neste caso, os animais estão mobilizando reservas para manutenção das concentrações sanguíneas.
- f)** Com base na atividade da enzima GSH-Px, pode-se afirmar que há deficiência de selênio nos animais. Porém, devido a escassez de dados, a afirmação destes resultados depende de outros experimentos que compare o nível de suplementação do elemento com a atividade da enzima seleniodespendente.
- g)** Os níveis de T4 sanguíneo sugerem uma deficiência de iodo na região principalmente em vacas em lactação.
- h)** As categorias mais afetadas são as das vacas em gestação e lactação uma vez que suas exigências nutricionais estão elevadas devido ao estado metabólico em que se encontravam.

- i) A escassez de valores do perfil mineral sanguíneo de bovinos de corte no Rio Grande do Sul e a diversidade de áreas produtivas no Estado permitem a existência de outros experimentos que relacione os valores orgânicos aos índices nutricionais das pastagens nativas.

BIBLIOGRAFIA CITADA.

AMMERMAN C.B. & HENRY, P.R. Deficiências minerais de los rumiantes en pastoreo en América Latina. In: Puignau, J.P. **Reunión sobre determinación de carencias y suplementación mineral de bovinos**. PROGRAMA COOPERATIVO PARA EL DESAROLLO TECNOLÓGICO DEL COMO SUR. Montevideo, Uruguay, v.1, p.83-90, 1987.

BACKALL, K.A.; SCHOLZ, R.W. Reference Values for a field test to estimate inadequate glutathione peroxidase activity and selenium status in the blood of cattle. **Am. J. Vet. Res.**, v.40, n.5, p.733-738, may, 1979.

BARCELLOS, J.O.J.; PRATES, E.R.; MÜLBACH, P.R. Efeito da suplementação mineral durante o inverno nos níveis de fósforo ósseo e sanguíneo e no desempenho pós-desmame de bezerros de corte. **R. Bras. Zootec.**, v.25, n.5, p.994-1006, 1996.

BARCELLOS, J.O.J. O papel do fósforo na nutrição de bovinos de corte. In: GONZÁLEZ, F.H.D.; PATIÑO, H.O.; BARCELLOS, J.O.J. **Nutrição Mineral em Ruminantes**. 2.ed. Porto Alegre: Gráfica da UFRGS, p. 23-67, 1998.

BARCELLOS, J.O.J. & OSPINA, H.P. Cobre. In: GONZÁLEZ, F.H.D.; PATIÑO, H.O.; BARCELLOS, J.O.J. **Nutrição Mineral em Ruminantes**. 2.ed. Porto Alegre: Gráfica da UFRGS, p.203-225, 1998.

BARCELLOS, J.O.J.; PRATES, E.R.; MÜHLBACH, P.R.F. Efeito da suplementação mineral nos níveis de fósforo sérico e na idade ao primeiro parto de novilhas de corte. In: REUNIÃO DA SBZ, 35, 1998, Botucatu. **ANAIS**. Sociedade Brasileira de Zootecnia, p.143-145, 1998.

BARCELLOS, J.O.J.; PRATES, E.R.; OSPINA, H. Suplementação mineral de ruminantes nos campos nativos do Rio Grande do Sul: uma abordagem aplicada à pecuária de corte. In: BARCELLOS, J.O.J.; OSPINA, H.; PRATES, E.R. **1º Encontro anual sobre nutrição de ruminantes da UFRGS – Suplementação mineral de bovinos de corte**. São Gabriel, Gráfica da UFRGS, Porto Alegre, p. 81-110, 1999.

BARROS, C.S.L.; BARROS, S.S.; SANTOS, M.N.; METZDORF, L.L. Miopatia nutricional em bovinos no Rio grande do Sul. **Pesq. Vet Bras.** v.8, n.3/4, p.51-55, 1988.

BAUER, A.C.; SANTOS, A.G., MANCUSO, P.C. Algumas observações sobre uma doença de bovinos no município de Santa Vitória do Palmar. In: CONFERÊNCIA DA SOCIEDADE DE VETERINÁRIA DO RIO GRANDE DO SUL, 3, 1964, Porto Alegre. Sociedade dos Veterinários do Rio Grande do Sul, p.153-161, 1964.

BONDAN, E.F.; RIET-CORRÊA, F; GIESTA, S.M. Níveis de cobre em fígados de bovinos no Sul do Rio Grande do Sul. **Pesq. Vet. Bras.**, v.11, n.3/4, p.75-80, jul/dez., 1991.

BOUDA, J.; NÚÑEZ, L.; QUIROZ-ROCHA, G. Interpretação dos perfis de laboratório em bovinos. In: GONZÁLEZ, F.H.D.; BORGES, J.B.; CECIM, M. **Uso de provas de campo e de laboratório clínico em doenças metabólicas e ruminais dos bovinos**. Porto Alegre, Gráfica da UFRGS, p.19-22, 2000.

BRASIL, Ministério da Agricultura. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul**. Recife, p.267-269, 1973.

BRUM, P.A.R.; SOUSA, J.C.; FILHO, J.A.C.; ALMEIDA, I.L. Deficiências minerais de bovinos na sub-região dos paiaгуás no pantanal Mato-grossense. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v.22, n.9/10, p.1049-1060, set-out., 1987.

CACHAPUZ, J.M. Perspectivas da pecuária de corte gaúcha frente ao mercado futuro. In: GOTTSCHALL, C.S.; SILVA, J.L.S.; RODRIGUES, N.C. **VI Ciclo de Palestras em produção e manejo de Bovinos – Perspectivas da Pecuária Gaúcha frente ao novo milênio**. Canoas, Editora da ULBRA, p.49-56, 2001.

CAVALHEIRO, A.C.L. & TRINDADE, D.S. **Os minerais para bovinos e ovinos criados em pastejo**. 1 ed, Porto Alegre, Sagra-DC Luzzato, 1992.

CEBALLOS, M.A.; WITTWER, F.G. Metabolismo del selenio en ruminantes. **Arch. Med. Vet.**, v.28, n.2, p.5-17, 1996.

CEBALLOS, A.; WITTWER, F.G.; CONTRERAS, P.A.; BÖHMWALD, H.L. Actividad sanguínea de glutatión peroxidasa en rebaños lecheros a pastoreo: variación según edad y época del año. **Arch. Med. Vet.**, v.30, n.1, p.13-21, 1998.

CEBALLOS, A.; WITTWER, F.G.; CONTRERAS, P.A.; QUIROZ, E.; BÖHMWALD, H.L. Actividad de glutatión peroxidase en bovinos lecheros a pastoreo correlacionada con la concentración sanguínea y plasmática de selenio. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v.34, n.12, p.2331-2338, 1999.

CONTRERAS, P.A.; WITTWER, F.; RUIZ, V.; ROBLES, M.V.; BRÖHMWALD, H. Valores sanguíneos de triyodotironina y tiroxina en vacas Frisón Negro a pastoreo. **Arch. med. Vet.**, Valdivia, v.31, n.2, 1999. Disponível em <<http://www.scielo.br>>. Acesso em: 04 jun 2002.

CORAH, L Trace mineral requirements of grazing cattle. **Animal Feed Science and Technology**, v.59, p.61-70, 1996.

DAYRELL, M. S; LOPES, H.O.; SAMPAIO, I.M.; DOBEREINER, J. Fatores a serem considerados na interpretação de valores analíticos de fósforo inorgânico no soro sanguíneo de bovinos. **Pesq. Agropec. Bras.**, Sér.Vet.,v.8, p.43-47, 1973.

DAYRELL, M. S. Teores de minerais nos tecidos animal, plantas e solos do Brasil. **EMBRAPA-CNPGL. Documentos**, 24, Coronel Pacheco, 1986.

DOBSON, A. Changes in composition of the saliva of cows on grazing heavily fertilized grass. **Res. Vet. Sci.**, v.4, p.238-246, 1963.

FICK, K.R.; MCDOWELL, L.R.; MILES, P.H.; WILKINSON, N.S.; FUNK, J.D.; CONRAD, J.H. **Métodos de análises de minerais em tecidos de animais e de plantas**. 2ed, Universidade da Florida, Depto. de ciência animal, 1980.

GAVILLON, O. & QUADROS, A.T.F. O cálcio e o fósforo em pastagens nativas do Rio Grande do Sul. Secretaria da Agricultura, Departamento de Produção Animal, Porto Alegre, **Boletim Técnico**, 17; 1970.

GIÓVINE, N. Estudo clínico da deficiência de fósforo nos bovinos de Minas Gerais. **Arq. Esc. Sup. Vet.**, v1, p17-23, 1943.

GONZÁLEZ, F.H.D.; DIAS, M.M.; RICCÓ, D. Taxa de gestação e perfil metabólico em novilhas tratadas ou não com fósforo mais vitamina B12 e iodo na temporada de monta em Mostardas, RS, Brasil. In: ANAIS DO XIV CONGRESSO ESTADUAL DE MEDICINA VETERINÁRIA, 1999. **RESUMOS**. Gramado: Sociedade Veterinária do Rio Grande do Sul, 1999. p.114

GONZÁLEZ, F.H.D. Indicadores sangüíneos do metabolismo mineral em ruminantes. In: GONZÁLEZ, F.H.D.; BARCELLOS, J.; PATIÑO, H.O.; RIBEIRO, L.A. **Perfil Metabólico em Ruminantes – Seu uso em nutrição e doenças nutricionais**. Porto Alegre, Gráfica da UFRGS, p.31-51, 2000a.

GONZÁLEZ, F.H.D. Uso do perfil metabólico para determinar o status nutricional em gado de corte. In: GONZÁLEZ, F.H.D.; BARCELLOS, J.; PATIÑO, H.O.; RIBEIRO, L.A. **Perfil Metabólico em Ruminantes – Seu uso em nutrição e doenças nutricionais**. Porto Alegre, Gráfica da UFRGS, p.63-74, 2000b.

GONZÁLEZ, F.H.D.; CONCEIÇÃO, T.R.; SIQUEIRA, A.S.; LA ROSA, V.L. Variações sangüíneas de uréia, creatinina, albumina e fósforo em bovinos de corte no Rio Grande do Sul. **A Hora Veterinária.**, v.20, n.117, p.59-62, set/out, 2000.

GONZÁLEZ, F.H.D & SILVA, S.C. **Introdução à Bioquímica Clínica Veterinária**. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/favet/bioquímica>>

HURLEY, W.L. & DOANE, R.M. Recent Developments in the Roles of Vitamins and Minerals in Reproduction. **J. Dairy Sci.**, v.72, p.784-804, 1989.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Anuário estatístico**, 1997.

KANEKO, J.J.; HARVEY, J.W.; BRUSS, M.L. **Clinical Biochemistry of Domestic Animals**. Fifth Edition, S. Diego, Academic Press USA, 1997.

LISBÔA, J.A.N.; KUCHEMUCK, M.R.G.; KOHAYAGAWA, A.; BOMFIM, S.R.M.; SANTIAGO, A.M.H.; DUTRA, I.S. Resultados de patologia clínica e

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.

MACPHERSON, A. Trace-mineral status of forages. In: GIVENS, D.I; OWEN, E; AXFORD, R.F.E; OMED, H.M. (Eds) **Forage evaluation in ruminant nutrition**. London: CAB International, 2000. p.345-371.

MARASCHIN, G.E. Utilização, manejo e produtividade das pastagens nativas da região sul do Brasil. In.: GOTTSCHALL, C.S.; SILVA, J.S., RODRIGUES, N.C. **Ciclo de palestras em produção e manejo de bovinos de corte**. Ênfase: manejo sustentável de pastagens. Canoas, ULBRA, p.29-39, 1998.

McDOWELL, L.R. Assessment of mineral status of grazing ruminants. **World Review of Animal Production**, v.23, n.4, p.19-32, oct-dec, 1987.

MC DOWELL, L.R. **Mineral in Animal and Human Nutrition**. 1ed, San Diego, Academic Press, 1992.

MCDOWELL, L.R. **Minerais para ruminantes sob pastejo em regiões tropicais, enfatizando o Brasil**. Boletim, 3 ed. Florida, 1999.

MC DOWELL, L.R. & VALLE, G. Major minerals in forages. In: GIVENS, D.I; OWEN, E; AXFORD, R.F.E; OMED, H.M. (Eds) **Forage evaluation in ruminant nutrition**. London, CAB International, 2000. p.373-397.

MENICUCCI, L. Carência de fósforo e cálcio nos bovinos. **Arq.Esc.Sup.Vet.**, v.1, p.9-23, 1943.

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, jan-mar, 1994.

MORAES, S.S. Avaliação das concentrações de zinco, manganês e ferro no fígado de bovinos e ovinos de várias regiões do Brasil. **Pesq. Vet Bras.**, Rio de Janeiro, v.18, n3-4, 1998. Disponível em:<<http://www.scielo.br>>. Acesso em 20 mai. 2001.

MORAES, S.S.; TOKARNIA, C.H.; DÖBEREINER, J. Deficiências e desequilíbrios de microelementos em bovinos e ovinos em algumas regiões do Brasil. **Pesq. Vet. Bras.** v.19, p.19-33, 1999.

MORAES, S.S.; GONÇALVES, L.C.; LOPES, H.O.S.; COSTA, M.F.V.; NUNES, A.B. Variação sazonal de eletrólitos no sangue de vacas aneladas sob pastejo contínuo de *Brachiaria decumbens*. **Arq. Bras. Med. Zootec.**, Belo Horizonte, v.52, n.2, abr., 2000.

Disponível em: <<http://www.scielo.br>>. Acesso em 04 jun. 2002.

MORAES, S.S.; NICODEMO, M.L.F.; VAZ, E.C.; PIRES, P.P.; CATANANTE, M.C.; THIAGO, L.R.L.S.; VIEIRA, J.M.; FONSECA, E.M. Avaliação da

deficiência subclínica de zinco em vacas de cria e a relação com a higidez de seus bezerros. **Embrapa Gado de Corte, Comunicado Técnico nº 65**, agosto, 2001.

MURPHY, G.M.& CONNELL, Q.D.A.H. A simple method of collecting saliva to determine the sodium status of cattle and sheep. **Aust. Vet. Journal.**, v.46, p.595-598, 1970.

MUFARREGE, D.J. El fosforo y la sal en la alimentación de vacunos de carne. In: BARCELLOS, J.O.J.; OSPINA, H.; PRATES, E.R. **1º Encontro anual sobre nutrição de ruminantes da UFRGS – Suplementação mineral de bovinos de corte**. São Gabriel, Gráfica da UFRGS, p.111-142, 1999.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (N.R.C.) **Minerals**. 7th ed. Washington, D.C., National Academic Press, 1996.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (N.R.C.) **Nutrient Requirements of Beef Cattle**. 7thed. Washington, D.C.: National Academic Press, 1996.

NÖRNBERG, J.L. O sódio na nutrição de ruminantes. In: GONZÁLEZ, F.H.D.; OSPINA, H.P; BARCELLOS, J.O.J. (Eds.) **Nutrição Mineral em Ruminantes**. 2ªed. Gráfica da UFRGS, Porto Alegre, Brasil, 1998.

OSPINA, H.; PRATES, E.R.; BARCELLOS, J.O.J. A suplementação mineral e o desafio de otimizar o ambiente ruminal para digestão de fibra. In: BARCELLOS, J.O.J.; OSPINA, H.; PRATES, E.R. **1º Encontro anual sobre nutrição de ruminantes da UFRGS – Suplementação mineral de bovinos de corte**. São Gabriel, Gráfica da UFRGS, p.37-60, 1999.

OSPINA, H.P. & SILVEIRA, A.F Exigências nutricionais e manejo da alimentação de bovinos de corte em pastejo. In: GOTTSCHALL, C.S.; SILVA, J.L.S.; RODRIGUES, N.C. **IV Ciclo de Palestras em Produção e Manejo de Bovinos de Corte**. Ênfase: manejo e utilização sustentável de pastagens. Canoas, 1999.

PAGLIA, E. & VALENTINE, W.N. Studies on the quantitative and qualitative characterization of erythrocyte glutathione peroxidase. **J. Lab. Clin. Med.** v.70, n1, 1967.

PAYNE, J.M. & PAYNE, S. Indicators of trace elements. In: **The metabolic profile test**. Oxford University Press, 1987.

RIET-CORRÊA, 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.3/4, p.45-49, jul/dez., 1993.

RIET-CORRÊA, F. Deficiência de Cobre. In: RIET-CORRÊA, F.; SCHILD, A.L.; MENDEZ, M.D.C., LEMOS, R.A.A. **Doenças de Ruminantes e Equinos**. 2ed, Pelotas:Varela,2001. v.1, cap.4, p.312-320.

SANTIAGO, C.M. Estudo da influência do uso da emulsão de selênio-tocoferol no desenvolvimento ponderal dos bezerros de raça de corte no RS, Brasil. **A hora Veterinária**, v.5, n.26, jul-ago., 1985.

SANTIAGO, C.M. Estudo da influência do uso da emulsão de selênio-tocoferol nas vacas de corte em gestação no Rio Grande do Sul, Brasil. **A hora Veterinária**, v.6, n.31, mai-jul, 1986.

SENGER, C.C.D.; SANCHEZ, L.M.B.; PIRES, M.B.G.; KAMINSKI, J. Teores minerais em pastagens do Rio Grande do Sul. I: Cálcio, fósforo, magnésio e potássio. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v.13, n.12, p.897-904, dez., 1996.

SENGER, C.C.D.; SANCHEZ, L.M.B.; PIRES, M.B.G.; KAMINSKI, J. Teores minerais em pastagens do Rio Grande do Sul. II: sódio, enxofre, zinco, cobre, ferro e manganês. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v.32, n.1, p.101-108, jan., 1997.

SOUSA, J.C. Suplementação mineral de bovinos de corte. In: Juan P. Puignau (Ed.). **Reunión sobre determinación de carencias y suplementación mineral de bovinos.** PROGRAMA COOPERTAIVO PARA EL DESAROLLO TECNOLÓGICO DEL COMO SUR. Montevideo, Uruguay, p.111-127, 1991.

SOUSA, J.C.; CONRAD, J.H.; MCDOWELL, L.R.; AMMERMAN, C.B.; BLUE, W.G. Inter-relações entre minerais no solo, forrageiras e tecido animal. 2. Cobre e Molibdênio. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v.15, n.39, p.335-341, jul., 1980.

SOUSA, J.C.; CONRAD, J.H.; MOTT, G.O.; MCDOWELL, L.R.; AMMERMAN, C.B.; BLUE, W.G. Inter-relações entre minerais no solo, plantas forrageiras e tecido animal no norte de Mato Grosso: 4. Zinco, Magnésio, Sódio e Potássio. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v.17, n.1, p.11-20, jan, 1981.

SPEARS, J.W. Reevaluation of the metabolic essentiality of the minerals – Review. **Asian-Aus. J. Anim. Sci.**, v.12, n.6, p.1002-1008, 1998.

STOKKA, G.L. Trace Mineral supplementation in Beef Cattle – Part I. **Compendium**, p.21-27, jan., 1999.

SWENSON, M.J. **Dukes/Fisiologia dos animais domésticos.** 10ed. Rio de Janeiro: Guanabara, 1988.

TIMM, C.D. Carências Minerais. In: RIET-CORRÊA, F.; SCHILD, A.L.; MENDEZ, M.D.C.; LEMOS, R.A.A. **Doenças de Ruminantes e Eqüinos.** 2ed, São Paulo:, Varela, 2001. v.2, cap.4, p.301-312.

TIMM, C.D. Deficiência de fósforo. In: RIET-CORRÊA, F.; SCHILD, A.L.; MENDEZ, M.D.C., LEMOS, R.A.A. **Doenças de Ruminantes e Eqüinos.** 2ed, São Paulo:, Varela, 2001 b. v.2, cap.4, p.321-328.

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.1/2, p.1-16, 1988.

TOKARNIA, C.H.; DÖBEREINER, J.; MORAES, S.S.; PEIXOTO, P.V. Deficiências e desequilíbrios minerais em bovinos e ovinos - revisão dos estudos realizados no Brasil de 1987 a 1998. **Pesq. Vet. Bras.**, v.19, n.2, p.47-62, 1999.

TOKARNIA, C.H. Deficiências minerais em animais de fazenda, principalmente bovinos criados em regime de campo. In: GONZÁLEZ, F.H.D.; OSPINA, H.P.; BARCELLOS, J.O.J.(Eds) **Nutrição Mineral em Ruminantes**. 2ed: Porto Alegre, Gráfica da UFRGS, 1998.

TRINDADE, D.S. & CAVALHEIRO, A.C.L. Concentrações de fósforo, ferro e manganês em pastagens nativas do Rio Grande do Sul. **Rev. Soc. Bras. Zoot.**, v.19, n.1, p.44-57, 1990.

UNDERWOOD, E.J. & SUTTLE, N.F. **Mineral Nutrition of Livestock**. 3thed. London: CAB International, 1999.

UNGERFELD, E. Factores que afectan el contenido de minerales en pasturas naturales y el estado nutricional de vacunos y ovinos en Uruguay. **Revisión Bibliográfica**, Edición preliminar, INIA (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria), Uruguay, 1998.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2thed. Cornell University Press, 1994.

WITTWER, F.; CONTRERAS, P.A.; BRÖHMWALD, H.; ANRIQUE, R.; FUCHSLOCHER, R. Concentraciones de zinc y cobre en forrajes y suero sanguíneo de 40 predios lecheros de la X Region-Chile. **Arch.Med.Vet.**, v.20, n.2, p.118-125, 1988.

WITTWER, F. Estrés oxidativo y selenio en bovinos. In: GONZÁLEZ, F.H.D.; OSPINA, H.P.; BARCELLOS, J.O.J. (Eds) **Nutrição mineral em ruminantes**. 2ed, Porto Alegre: Gráfica da UFRGS, 1998.

ZAGRODZI, P.; NICOL, F., McCOY, M.A.; SMYTH, J.A.; KENNEDY, D.G.; BECKETT, G.J.; ARTHUR, J.R. Iodine deficiency in cattle: compensatory changes in thyroidal selenoenzymes. **Research in Veterinary Science**, v.64, p. 209-211, 1998.

ANEXOS

ANEXO 1 – TABELAS DOS MINERAIS ANALISADOS

FÓSFORO NO PLASMA (mmol.L⁻¹) E NAS PASTAGENS (%)

| Propriedades | Períodos | | | | | | | |
|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | |
| | Plasma | Forragem | Plasma | Forragem | Plasma | Forragem | Plasma | Forragem |
| A | 1,95 | 0,08 | 1,47 | 0,08 | 1,65 | 0,10 | 1,26 | 0,22 |
| B | 1,72 | 0,25 | 1,43 | 0,16 | 1,56 | 0,18 | 1,40 | 0,14 |
| C | 2,02 | 0,18 | 1,39 | 0,12 | 1,60 | 0,18 | 1,53 | 0,14 |
| D | 1,79 | 0,13 | 1,58 | 0,17 | 1,42 | 0,12 | 1,08 | 0,11 |
| Total | 1,87 | 0,16 | 1,47 | 0,13 | 1,56 | 0,15 | 1,32 | 0,15 |
| Desvio | 0,14 | 0,07 | 0,08 | 0,04 | 0,10 | 0,04 | 0,19 | 0,05 |

CÁLCIO NO PLASMA (mmol.L⁻¹) E NAS PASTAGENS (%)

| Propriedades | Períodos | | | | | | | |
|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | |
| | Plasma | Forragem | Plasma | Forragem | Plasma | Forragem | Plasma | Forragem |
| A | 2,02 | 0,73 | 1,96 | 0,42 | 1,94 | 0,66 | 1,86 | 0,56 |
| B | 2,02 | 0,51 | 1,87 | 0,54 | 1,93 | 0,44 | 1,78 | 0,63 |
| C | 1,97 | 0,52 | 1,85 | 0,84 | 1,96 | 0,73 | 1,87 | 0,65 |
| D | 2,16 | 0,44 | 1,93 | 0,64 | 1,93 | 0,58 | 1,93 | 0,58 |
| Total | 2,04 | 0,55 | 1,90 | 0,61 | 1,94 | 0,60 | 1,86 | 0,61 |
| Desvio | | | | | | | | |

SÓDIO NA SALIVA MISTA (mEq.L⁻¹) E NAS PASTAGENS (%)

| Propriedades | Períodos | | | | | |
|--------------|--------------|---------------|--------------|--------------|--------------|---------------|
| | 2 | | 3 | | 4 | |
| | Saliva | Forragem | Saliva | Forragem | Saliva | Forragem |
| A | 71,20 | 88 | 57,20 | 89 | 136,01 | XXX |
| B | 97,60 | XXX | 100,93 | 91 | 101,13 | 66 |
| C | 72,30 | XXX | 94,87 | 109 | 84,13 | 108 |
| D | 115,57 | 405 | 59,06 | XXX | 68,23 | 129 |
| Total | 89,17 | 246,50 | 78,02 | 96,33 | 97,38 | 101,00 |
| Desvio | 21,41 | 158,50 | 23,11 | 9,00 | 29,05 | 26,19 |

POTÁSSIO NA SALIVA MISTA (mEq.L⁻¹) E NAS PASTAGENS (%)

| Propriedades | Períodos | | | | | |
|--------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|
| | 2 | | 3 | | 4 | |
| | Saliva | Fragem | Saliva | Fragem | Saliva | Fragem |
| A | 23,19 | 0,29 | 27,20 | 0,30 | 4,81 | XXX |
| B | 15,80 | XXX | 8,81 | 0,49 | 26,79 | 0,46 |
| C | 35,54 | XXX | 15,74 | 0,60 | 20,05 | 0,51 |
| D | 10,09 | 1,00 | 39,80 | XXX | 39,27 | 0,34 |
| Total | 21,16 | 0,65 | 22,89 | 0,46 | 22,84 | 0,44 |
| Desvio | 10,99 | 0,36 | 13,54 | 0,12 | 14,33 | 0,07 |

RELAÇÃO SÓDIO POTÁSSIO NA SALIVA MISTA

| Propriedade | Períodos | | |
|--------------|-------------|-------------|--------------|
| | 2 | 3 | 4 |
| | A | 11,19 | 15,59 |
| B | 5,37 | 3,59 | 28,73 |
| C | 2,71 | 7,96 | 5,24 |
| D | 13,91 | 1,67 | 2,04 |
| Total | 8,30 | 7,20 | 11,54 |

ZINCO NO PLASMA (μmol.L⁻¹) E NAS PASTAGENS (mg.kg⁻¹)

| Propriedade | Períodos | | | | | | | |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | |
| | Plasma | Fragem | Plasma | Fragem | Plasma | Fragem | Plasma | Fragem |
| A | 18,80 | 19,00 | 15,74 | 20,00 | 14,86 | 18,00 | 15,52 | 47,00 |
| B | 18,14 | 14,00 | 15,52 | 18,00 | 13,33 | 27,00 | 15,52 | 13,00 |
| C | 18,90 | 32,00 | 15,08 | 20,00 | 13,99 | 16,00 | 14,64 | 13,00 |
| D | 20,00 | 21,00 | 16,39 | 33,00 | 14,64 | 19,00 | 13,77 | 14,00 |
| Total | 18,96 | 21,50 | 15,68 | 22,75 | 14,21 | 20,00 | 14,86 | 21,75 |
| Desvio | 0,77 | 7,59 | 0,55 | 6,90 | 0,69 | 4,83 | 0,84 | 16,84 |

COBRE NO PLASMA ($\mu\text{mol.L}^{-1}$) E NAS PASTAGENS (mg.kg^{-1})

| Propriedades | Períodos | | | | | | | |
|--------------|--------------|-------------|--------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|
| | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | |
| | Plasma | Fragem | Plasma | Fragem | Plasma | Fragem | Plasma | Fragem |
| A | 11,44 | 8,00 | 10,99 | 7,00 | 9,20 | 6,00 | 12,56 | 9,00 |
| B | 12,11 | 10,00 | 9,64 | 5,00 | 9,87 | 7,00 | 11,44 | 6,00 |
| C | 12,34 | 10,00 | 14,13 | 7,00 | 9,87 | 7,00 | 10,32 | 5,00 |
| D | 10,77 | 8,00 | 13,46 | 8,00 | 7,40 | 6,00 | 9,42 | 8,00 |
| Total | 11,67 | 9,00 | 12,06 | 6,75 | 9,09 | 6,50 | 10,94 | 7,00 |
| Desvio | 0,71 | 1,15 | 2,10 | 1,26 | 1,17 | 0,58 | 1,36 | 1,83 |

TIROXINA NO SANGUE (nmol.L^{-1})

| Prop | Períodos | | | |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| A | 56,23 | 38,14 | 42,35 | 38,86 |
| B | 51,33 | 51,15 | 41,63 | 27,43 |
| C | 49,88 | 59,97 | 35,17 | 31,64 |
| D | 52,71 | 55,71 | 41,98 | 33,37 |
| Total | 52,54 | 51,24 | 40,28 | 32,83 |
| Desvio | 2,72 | 9,45 | 3,42 | 4,73 |

ANEXO 2 – ANÁLISES ESTATÍSTICAS

CÁLCIO NO SANGUE

| Source | DF | Sum of Squares | Mean Square | F Value | Pr |
|-----------------|----------|----------------|-------------|---------|----|
| > F | | | | | |
| Model | 6 | 0.62907143 | 0.10484524 | 4.93 | |
| 0.0002 | | | | | |
| Error | 105 | 2.23521429 | 0.02128776 | | |
| Corrected Total | 111 | 2.86428571 | | | |
| | R-Square | C.V. | Root MSE | | CA |
| Mean | | | | | |
| 1.93714286 | 0.219626 | 7.531878 | 0.14590324 | | |

| Source | DF | Type I SS | Mean Square | F Value | Pr |
|---------|----|------------|-------------|---------|----|
| > F | | | | | |
| GRUPO | 3 | 0.12022143 | 0.04007381 | 1.88 | |
| 0.1370 | | | | | |
| PERIODO | 3 | 0.50885000 | 0.16961667 | 7.97 | |
| 0.0001 | | | | | |

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for variable: CA

Alpha= 0.05 df= 105 MSE= 0.021288
 Critical Value of Studentized Range= 3.692
 Minimum Significant Difference= 0.1018

Means with the same letter are not significantly different.

| Tukey Grouping | Mean | N | PERIODO |
|----------------|---------|----|---------|
| A | 2.04321 | 28 | 1 |
| A | | | |
| B A | 1.94143 | 28 | 3 |
| B | | | |
| B | 1.90214 | 28 | 2 |
| B | | | |
| B | 1.86179 | 28 | 4 |

FÓSFORO NO SANGUE

| Source | DF | Sum of Squares | Mean Square | F Value | Pr |
|-----------------|-----|----------------|-------------|---------|----|
| > F | | | | | |
| Model | 6 | 5.03770000 | 0.83961667 | 13.65 | |
| 0.0001 | | | | | |
| Error | 105 | 6.45714286 | 0.06149660 | | |
| Corrected Total | 111 | 11.49484286 | | | |

| Mean | R-Square | C.V. | Root MSE | P |
|------------|----------|----------|------------|---|
| 1.55321429 | 0.438257 | 15.96593 | 0.24798508 | |

| Source | DF | Type I SS | Mean Square | F Value | Pr |
|---------|----|------------|-------------|---------|----|
| > F | | | | | |
| GRUPO | 3 | 0.44183571 | 0.14727857 | 2.39 | |
| 0.0725 | | | | | |
| PERIODO | 3 | 4.59586429 | 1.53195476 | 24.91 | |
| 0.0001 | | | | | |

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for variable: P

Alpha= 0.05 df= 105 MSE= 0.061497
 Critical Value of Studentized Range= 3.692
 Minimum Significant Difference= 0.173

Means with the same letter are not significantly different.

| Tukey Grouping | Mean | N | PERIODO |
|----------------|---------|----|---------|
| A | 1.87071 | 28 | 1 |
| B | 1.55821 | 28 | 3 |
| B | | | |
| C | 1.46714 | 28 | 2 |
| C | | | |
| C | 1.31679 | 28 | 4 |

RELAÇÃO CA/P NO SANGUE

| Source | DF | Sum of Squares | Mean Square | F Value | Pr |
|-----------------|-----|----------------|-------------|---------|----|
| > F | | | | | |
| Model | 6 | 2.64165464 | 0.44027577 | 7.66 | |
| 0.0001 | | | | | |
| Error | 105 | 6.03265624 | 0.05745387 | | |
| Corrected Total | 111 | 8.67431088 | | | |

| Mean | R-Square | C.V. | Root MSE | CAP |
|------------|----------|----------|------------|-----|
| 1.29829116 | 0.304538 | 18.46237 | 0.23969537 | |

| Source | DF | Type I SS | Mean Square | F Value | Pr |
|---------|----|------------|-------------|---------|----|
| > F | | | | | |
| GRUPO | 3 | 0.71435828 | 0.23811943 | 4.14 | |
| 0.0081 | | | | | |
| PERIODO | 3 | 1.92729636 | 0.64243212 | 11.18 | |
| 0.0001 | | | | | |

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for variable: CAP

Alpha= 0.05 df= 105 MSE= 0.057454
 Critical Value of Studentized Range= 3.692
 Minimum Significant Difference= 0.1672

Means with the same letter are not significantly different.

| Tukey Grouping | Mean | N | PERIODO |
|----------------|---------|----|---------|
| A | 1.48102 | 28 | 4 |
| A | | | |
| B | 1.32236 | 28 | 2 |
| B | | | |
| B | 1.27699 | 28 | 3 |
| C | | | |
| C | 1.11279 | 28 | 1 |

COBRE NO PLASMA

| Source | DF | Sum of Squares | Mean Square | F Value | Pr |
|-----------------|-----|----------------|-------------|---------|----|
| > F | | | | | |
| Model | 6 | 174.65577143 | 29.10929524 | 7.80 | |
| 0.0001 | | | | | |
| Error | 105 | 391.91910000 | 3.73256286 | | |
| Corrected Total | 111 | 566.57487143 | | | |

| Mean | R-Square | C.V. | Root MSE | CU |
|-------------|----------|----------|------------|----|
| 10.93392857 | 0.308266 | 17.66962 | 1.93198418 | |

| Source | DF | Type I SS | Mean Square | F Value | Pr |
|---------|----|--------------|-------------|---------|----|
| > F | | | | | |
| GRUPO | 3 | 28.69847857 | 9.56615952 | 2.56 | |
| 0.0587 | | | | | |
| PERIODO | 3 | 145.95729286 | 48.65243095 | 13.03 | |
| 0.0001 | | | | | |

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for variable: CU

Alpha= 0.05 df= 105 MSE= 3.732563
 Critical Value of Studentized Range= 3.692
 Minimum Significant Difference= 1.348

Means with the same letter are not significantly different.

| Tukey Grouping | Mean | N | PERIODO |
|----------------|---------|----|---------|
| A | 12.0554 | 28 | 2 |
| A | | | |
| A | 11.6629 | 28 | 1 |
| A | | | |
| A | 10.9339 | 28 | 4 |
| B | 9.0836 | 28 | 3 |

ZINCO NO PLASMA

| Source > F | DF | Sum of Squares | Mean Square | F Value | Pr |
|-----------------|-----|----------------|-------------|---------|----|
| Model 0.0001 | 6 | 383.01504107 | 63.83584018 | 14.68 | |
| Error | 105 | 456.44066518 | 4.34705395 | | |
| Corrected Total | 111 | 839.45570625 | | | |

| Mean | R-Square | C.V. | Root MSE | ZN |
|-------------|----------|----------|------------|----|
| 15.92812500 | 0.456266 | 13.08980 | 2.08495898 | |

| Source > F | DF | Type I SS | Mean Square | F Value | Pr |
|-------------------|----|--------------|--------------|---------|----|
| GRUPO 0.5491 | 3 | 9.23820268 | 3.07940089 | 0.71 | |
| PERIODO 0.0001 | 3 | 373.77683839 | 124.59227946 | 28.66 | |

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for variable: ZN

Alpha= 0.05 df= 105 MSE= 4.347054
 Critical Value of Studentized Range= 3.692
 Minimum Significant Difference= 1.4547

Means with the same letter are not significantly different.

| Tukey Grouping | Mean | N | PERIODO |
|----------------|---------|----|---------|
| A | 18.9600 | 28 | 1 |
| B | 15.6825 | 28 | 2 |
| B | | | |
| C | 14.8629 | 28 | 4 |
| C | | | |
| C | 14.2071 | 28 | 3 |

SÓDIO NA SALIVA MISTA

| Source | DF | Sum of Squares | Mean Square | F Value | Pr |
|-----------------|----------|----------------|---------------|---------|----|
| > F | | | | | |
| Model | 5 | 9669.76035714 | 1933.95207143 | 2.14 | |
| 0.0687 | | | | | |
| Error | 78 | 70326.19523810 | 901.61788767 | | |
| Corrected Total | 83 | 79995.95559524 | | | |
| Mean | R-Square | C.V. | Root MSE | | NA |
| 88.18690476 | 0.120878 | 34.04922 | 30.02695269 | | |

| Source | DF | Type I SS | Mean Square | F Value | Pr |
|---------------|----|---------------|---------------|---------|----|
| > F | | | | | |
| GRUPO | 3 | 4383.55940476 | 1461.18646825 | 1.62 | |
| 0.1913 | | | | | |
| PERIODO | 2 | 5286.20095238 | 2643.10047619 | 2.93 | |
| 0.0592 | | | | | |

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for variable: NA

Critical Value of Studentized Range= 3.379
Minimum Significant Difference= 19.174

Means with the same letter are not significantly different.

| Tukey Grouping | Mean | N | PERIODO |
|----------------|--------|----|---------|
| A | 97.375 | 28 | 4 |
| A | | | |
| B A | 89.168 | 28 | 2 |
| B | | | |
| B | 78.018 | 28 | 3 |

POTÁSSIO NA SALIVA MISTA

| Source > F | DF | Sum of Squares | Mean Square | F Value | Pr |
|-----------------|----------|----------------|--------------|---------|----|
| Model 0.1964 | 5 | 2146.34928571 | 429.26985714 | 1.51 | |
| Error | 78 | 22175.46880952 | 284.30088217 | | |
| Corrected Total | 83 | 24321.81809524 | | | |
| Mean | R-Square | C.V. | Root MSE | | K |
| 22.29523810 | 0.088248 | 75.62702 | 16.86122422 | | |

| Source > F | DF | Type I SS | Mean Square | F Value | Pr |
|-------------------|----|---------------|--------------|---------|----|
| GRUPO 0.0696 | 3 | 2091.57619048 | 697.19206349 | 2.45 | |
| PERIODO 0.9083 | 2 | 54.77309524 | 27.38654762 | 0.10 | |

RELAÇÃO NA/K NA SALIVA MISTA

| Source > F | DF | Sum of Squares | Mean Square | F Value | Pr |
|-----------------|----------|----------------|--------------|---------|-----|
| Model 0.0162 | 5 | 1874.91718333 | 374.98343667 | 2.98 | |
| Error | 78 | 9806.54959762 | 125.72499484 | | |
| Corrected Total | 83 | 11681.46678095 | | | |
| Mean | R-Square | C.V. | Root MSE | | NAK |
| 9.81952381 | 0.160504 | 114.1880 | 11.21271577 | | |

| Source > F | DF | Type I SS | Mean Square | F Value | Pr |
|-------------------|----|---------------|--------------|---------|----|
| GRUPO 0.0053 | 3 | 1726.25715238 | 575.41905079 | 4.58 | |
| PERIODO 0.5561 | 2 | 148.66003095 | 74.33001548 | 0.59 | |

Em função da variabilidade dos dados e a impossibilidade de transformação foi feito o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis.

84 cases were used
28 cases contained missing values
Kruskal-Wallis Test on Na/K

| período | N | Median | Ave Rank | Z |
|---------|----|--------|----------|-------|
| 2 | 28 | 5.085 | 43.8 | 0.33 |
| 3 | 28 | 3.860 | 39.2 | -0.87 |
| 4 | 28 | 4.470 | 44.5 | 0.54 |
| Overall | 84 | | 42.5 | |

H = 0.77 DF = 2 P = 0.681

H = 0.77 DF = 2 P = 0.681 (adjusted for ties)

TIROXINA NO SANGUE

| Source | DF | Sum of Squares | Mean Square | F Value | Pr |
|-----------------|-----|----------------|---------------|---------|----|
| > F | | | | | |
| Model | 6 | 7522.49770993 | 1253.74961832 | 7.03 | |
| 0.0001 | | | | | |
| Error | 105 | 18737.72711004 | 178.45454391 | | |
| Corrected Total | 111 | 26260.22481996 | | | |

| Mean | R-Square | C.V. | Root MSE | T4 |
|-------------|----------|----------|-------------|----|
| 44.22276786 | 0.286460 | 30.20772 | 13.35868796 | |

| Source | DF | Type I SS | Mean Square | F Value | Pr |
|---------|----|---------------|---------------|---------|----|
| > F | | | | | |
| GRUPO | 3 | 136.19186861 | 45.39728954 | 0.25 | |
| 0.8581 | | | | | |
| PERIODO | 3 | 7386.30584132 | 2462.10194711 | 13.80 | |
| 0.0001 | | | | | |

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for variable: T4

Alpha= 0.05 df= 105 MSE= 178.4545
Critical Value of Studentized Range= 3.692
Minimum Significant Difference= 9.3207

Means with the same letter are not significantly different.

| Tukey Grouping | Mean | N | PERIODO |
|----------------|--------|----|---------|
| A | 52.537 | 28 | 1 |
| A | | | |
| A | 51.244 | 28 | 2 |
| B | 40.282 | 28 | 3 |
| B | | | |
| B | 32.828 | 28 | 4 |

GSH-PX NO SANGUE

| Source > F | DF | Sum of Squares | Mean Square | F Value | Pr |
|-----------------|----|----------------|---------------|---------|----|
| Model 0.0004 | 4 | 12073.48265000 | 3018.37066250 | 6.26 | |
| Error | 51 | 24571.23976250 | 481.78901495 | | |
| Corrected Total | 55 | 36644.72241250 | | | |

| Mean | R-Square | C.V. | Root MSE | GPX |
|-------------|----------|----------|-------------|-----|
| 37.69875000 | 0.329474 | 58.22393 | 21.94969282 | |

| Source > F | DF | Type I SS | Mean Square | F Value | Pr |
|-------------------|----|---------------|---------------|---------|----|
| GRUPO 0.0861 | 3 | 3355.70293393 | 1118.56764464 | 2.32 | |
| PERIODO 0.0001 | 1 | 8717.77971607 | 8717.77971607 | 18.09 | |

CORRELAÇÕES DE PEARSON

| | P % MS | Fe ppm M | Cu ppm M | Fe ppm M | Zn ppm M | Ca % MS | Ca mmol. L | P mmol. L |
|--------------|--------|----------|----------|----------|----------|---------|------------|-----------|
| Ca mmol. L | -0.018 | -XXXXX | XXXXX | -XXXXX | -XXXXX | -0.204 | | |
| P mmol. L | 0.039 | 0.117 | XXXXX | 0.117 | XXXXX | -XXXXX | 0.261 | |
| Cu (mmol. L) | XXXXX | 0.325 | 0.391 | 0.325 | XXXXX | 0.187 | XXXXXX | XXXXX |
| Zn (mmol. L) | XXXXX | XXXXX | XXXXX | XXXXX | 0.096 | -0.149 | 0.262 | 0.430 |