

INTER-RELAÇÕES ENTRE MINERAIS NO SOLO, PLANTAS FORRAGEIRAS E TECIDO ANIMAL 3. MANGANÊS, FERRO E COBALTO¹

J.C. DE SOUSA², J.H. CONRAD¹, W.G. BLUE⁴, C.B. AMMERMAN
e L.R. McDOWELL¹

RESUMO - Fez-se um estudo das deficiências minerais em seis fazendas localizadas ao norte do Estado de Mato Grosso, tendo sido amostrados os solos, plantas forrageiras e tecido animal, coletados durante as estações seca e chuvosa. As análises de Mn indicam que, das seis fazendas estudadas, duas tinham níveis de Mn no solo considerados baixos, 6 e 14 ppm; as outras quatro apresentaram níveis adequados, acima de 20 ppm. Os níveis de Mn nas forrageiras eram suficientes para atender às exigências dos bovinos, em todas as seis fazendas, nas duas épocas estudadas. Entretanto, os níveis de Mn no fígado dos animais foram deficientes em cinco das seis fazendas estudadas, e na estação chuvosa, a deficiência era mais generalizada do que no período seco. As análises de Fe no solo mostraram que duas fazendas apresentaram níveis ligeiramente baixos para algumas das forrageiras, mas as outras quatro tinham níveis médios adequados, acima de 20 ppm. Os níveis de Fe nas forrageiras e no fígado, em todas as seis fazendas, foram considerados adequados para bovinos de corte. Os solos da fazenda 1, 3 e 4, mostraram teores adequados de Co; entretanto as demais fazendas possuíam solos deficientes. Apenas as forrageiras das fazendas que tinham solos ricos em Co, possuíam esse mineral em quantidade suficiente para atender às exigências nutricionais dos animais. Em todas as fazendas, os animais apresentaram níveis adequados de Co. As médias de Co no fígado foram mais baixas na estação chuvosa do que na estação seca.

Termos para indexação: toxicidade, deficiência, época, solo, bovino de corte.

INTERRELATIONSHIPS AMONG MINERAL LEVELS IN SOIL, FORAGE, AND ANIMAL TISSUES 3. MANGANESE, IRON, AND COBALT

ABSTRACT - An experiment was conducted with samples from six farms in northern Mato Grosso, Brazil, to study the interrelationships among levels of minerals in soil and forage and animal tissues during the wet and dry seasons of the year. Soil extractable Mn levels were slightly low (6 and 14 ppm) in two farms, but adequate over 20 ppm in the other four farms. Forage Mn levels were sufficient to meet the requirements of grazing cattle in all six farms. However, liver Mn was deficient on five of the six farms, and during the wet season there was more deficiency than during the dry one. Soil extractable Fe was slightly low for production of some crops in two of the farms, but adequate (over 20 ppm), on the other four farms. High forage Fe on all six farms was sufficient to meet the requirement of grazing beef cattle. Liver Fe levels were normal in all six farms. Soil extractable Co was adequate in the farms 1, 3, and 4, and deficient in the other three. Forage Co was adequate in the farms that had also adequate soil Co, and deficient where soil Co was deficient. Liver cobalt was at normal level in all six farms due to the high cobalt supplementation. Liver Co means were lower during the wet season than during the dry season.

Index terms: toxicity, deficiency, season, grazing, cattle.

INTRODUÇÃO

Foi feito um estudo de levantamento das deficiências minerais em seis fazendas localizadas no norte do Estado de Mato Grosso, que se dedicavam à criação e engorda de bovinos. Os animais eram azebuados, com predominância do sangue nelore, e criados em regime de pasto.

As forrageiras mais usadas nestas fazendas eram: capim-colonião (*Panicum maximum*, Jacq.), sempre-verde (*Panicum maximum*, Jacq. var. *Gongyloides*),

¹ Aceito para publicação em 12 de agosto de 1981. Parte da tese apresentada pelo primeiro autor ao "Graduate Council of the University of Florida" para obtenção do título de Ph.D.

² Eng^o Agr^o, Ph.D. Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte (CNPGC) - EMBRAPA, Caixa Postal 154, CEP 79.100 - Campo Grande, MS.

³ Animal Science Department, University of Florida, Gainesville, Florida, USA.

⁴ Soil Science Department, University of Florida, Gainesville, Florida, USA.

jaraguá (*Hyparrhenia rufa* (Ness) Stapf.), gordura (*Melinis minutiflora*, Beauv.) e forrageiras nativas.

Os solos podem ser incluídos na ordem dos Latossolos. São solos profundos, bem drenados, arenosos e com baixa ou média fertilidade.

Os objetivos deste experimento foram: avaliar os níveis de minerais no gado de corte daquela região; determinar as inter-relações entre os níveis de minerais no solo, nas forrageiras e no tecido animal; comparar os níveis de minerais das diversas espécies estudadas; verificar as variações estacionais dos níveis de minerais nos solos, forrageiras e tecido animal; e fazer recomendações para suplementação mineral nas regiões estudadas, com base nos níveis de minerais estudados.

MATERIAIS E MÉTODOS

As fazendas estudadas tinham as seguintes localizações: Fazenda 1 (Arrossensal), localizada no município de Nortelândia, a 14°14'39" de latitude sul e 57°17'30" de longitude oeste; Fazenda 2 (Pecuama), no município de Arenápolis, a 14°27'32" de latitude sul e 57°12'22" de longitude oeste; Fazenda 3 (Mirassol), no município de Cáceres, a 16°13'42" de latitude sul e 57°40'51" de longitude oeste; Fazenda 4 (Guaporé), no município de Mato Grosso, a 15°00'28" de latitude sul e 59°57'06" de longitude oeste. As fazendas 5 (Agrolasa) e 6 (Agrossan), ambas no município de Diamantino, a 14°24'43" de latitude sul e 56°26'53" de longitude oeste.

As amostras foram colhidas nas épocas chuvosa (janeiro/fevereiro) e seca (julho/agosto). Em cada fazenda, foram coletadas amostras dos pastos onde os animais estavam por período superior a um mês. Coletaram-se amostras de solo, de forrageira e de tecido animal (fígado). O Mn e Fe foram extraídos do solo com H₂SO₄ 0,025 N e HCl 0,05 N e cinco minutos de agitação. O Co foi extraído com HCl 0,1 N e duas horas de agitação. As análises de Mn, Fe e Co no solo, forrageiras e tecido animal, foram feitas por espectrofotômetro de absorção atômica, de acordo com Fick et al. (1976). As análises de tecido animal (fígado), foram realizadas e publicadas por Mendes (1977). Em todas as seis fazendas, os animais recebiam suplementos minerais comerciais. O delineamento experimental foi o de parcela subdividida. Maiores detalhes sobre a metodologia empregada foram publicados por Sousa (1978). Pormenores sobre os dados de Ca e P destas fazendas, foram publicados por Sousa et al. (1979) e sobre Cu e Mo foram também publicados por Sousa et al. (1980).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises de variância para Mn no solo, mostraram diferenças estatisticamente significativas ($P < 0,008$) entre as fazendas estudadas. A Tabela 1 mostra o teste de Duncan relativo às fazendas. Dantas (1971) indicou que 20 ppm de Mn no solo

era suficiente para atender aos requerimentos da maioria das plantas. Com base neste critério, os solos das fazendas 2 e 5 mostraram níveis abaixo do mínimo requerido. Solos que tinham pH alto mostraram níveis elevados de Mn na solução do solo. Os solos da fazenda 3, que apresentaram pH 6,5 mostraram níveis médios de 48 ppm de Mn; na fazenda 5, com pH 4,7 o nível médio de Mn foi de apenas 6 ppm.

A Tabela 1 mostra diferenças significativas ($P < 0,026$) nos teores de Mn das forrageiras entre as seis fazendas estudadas. O NRC (National Research Council 1976) mostra que as exigências de Mn para novilhos em crescimento estão entre 1 e 10 ppm, e para vacas em gestação, 20 ppm, estando o nível tóxico acima de 2.500 ppm. O mais alto nível de Mn foi encontrado nas forrageiras da fazenda 2, cuja média foi de 233 ppm; o nível mais baixo, na fazenda 3, com 83 ppm. Conseqüentemente, os teores de Mn das forrageiras são suficientes para atender às necessidades nutricionais dos bovinos em pastejo.

A Tabela 1 mostra ainda os níveis de Mn no fígado dos animais amostrados, notando-se que houve diferenças significativas ($P < 0,005$) entre as fazendas estudadas. Underwood (1977) afirma que 8 a 10 ppm de Mn no fígado de bovinos indicam níveis normais. Tomando-se por base esses teores, nota-se que existe deficiência de Mn em cinco das seis fazendas estudadas. Apenas os animais da fazenda 5 tinham níveis adequados de Mn no fígado (8 ppm). As demais fazendas mostraram níveis deficientes, variando de 5 a 6 ppm. Por causa das grandes variações existentes entre os solos, as forrageiras e os tipos de animais, os desvios-padrões são normalmente altos em trabalhos dessa natureza, como podem ser vistos neste trabalho.

A Tabela 1 mostra que existem quantidades adequadas de Mn nos solos e nas forrageiras; entretanto, a grande maioria dos animais amostrados apresentam níveis deficientes de Mn no fígado. Uma possível explicação para este fato são os altos níveis de Fe nas forrageiras (Tabela 4) e os elevados níveis de Co encontrados nas fórmulas minerais usadas naquelas fazendas. Níveis elevados desses dois minerais (Fe e Co) na dieta dos animais estariam interferindo no mecanismo de absorção do Mn, a nível de intestino delgado. Um excesso de Ca também pode decrescer a absorção e retenção do Mn pelos animais. Underwood (1977) afirma que os mecanismos de absorção do Mn, Fe e Co operam simultaneamente, o que faz com que o Mn compita com o Fe e o Co, pelo mesmo mecanismo de absorção. Tendo Fe e Co em excesso, pode ter havido uma inibição na absorção de Mn. Recomenda-se

suplementação com Mn em todas as seis fazendas, principalmente na estação chuvosa.

A Tabela 2 mostra que não houve diferença estatística de Mn no solo entre as estações seca e chuvosa.

Houve grande variação nas forrageiras, entre os

níveis de Mn das estações seca e chuvosa, sendo as diferenças estatisticamente significativas ($P < 0,0004$). Os resultados também estão na Tabela 2. Grandes concentrações de Mn nas forrageiras foram encontradas na estação seca, quando as plantas

TABELA 1. Níveis de manganês no solo, nas forrageiras e no fígado, de acordo com a fazenda estudada.

Fazenda	ppm de Mn no solo			ppm de Mn na forrageira			ppm de Mn no fígado		
	N ¹	Média	DP	N	Média	DP	N	Média	DP
1	72	46 ^a	± 30	76	167 ^b	± 147	63	6 ^b	± 3
2	72	14 ^b	± 12	72	233 ^a	± 199	55	6 ^b	± 2
3	36	48 ^a	± 19	48	83 ^c	± 059	61	5 ^b	± 2
4	60	44 ^a	± 39	60	148 ^{bc}	± 099	68	5 ^b	± 2
5	24	6 ^b	± 4	52	141 ^{bc}	± 067	68	8 ^a	± 3
6	48	45 ^a	± 38	48	140 ^{bc}	± 086	63	6 ^b	± 2

¹ Número de observações.

Médias seguidas das mesmas letras, em cada coluna, não são estatisticamente diferentes ($P > 0,05$), pelo teste de Duncan.

TABELA 2. Níveis de manganês no solo, nas forrageiras e no fígado, de acordo com a estação do ano.

Estação	ppm de Mn no solo			ppm de Mn na forrageira			ppm de Mn no fígado		
	N ¹	Média	DP	N	Média	DP	N	Média	DP
Seca	192	38 ^a	± 30	217	204 ^a	± 151	202	8 ^a	± 2
Chuvosa	120	30 ^a	± 30	139	87 ^b	± 053	176	4 ^b	± 2

¹ Número de observações

Médias seguidas das mesmas letras, em cada coluna, não são estatisticamente diferentes ($P > 0,05$), pelo teste de Duncan.

TABELA 3. Níveis de manganês, ferro e cobalto nas forrageiras, de acordo com as espécies forrageiras amostradas.

Forrageiras	ppm de Mn			ppm de Fe		ppm de Co	
	N ¹	Média	DP	Média	DP	Média	DP
Colonião	212	174 ^b	± 153	154 ^c	± 189	0,09 ^b	± 0,09
Jaraguá	92	106 ^b	± 057	281 ^b	± 296	0,17 ^a	± 0,18
Gordura	23	126 ^b	± 060	487 ^a	± 647	0,09 ^b	± 0,17
Sempre-verde	5	420 ^a	± 282	141 ^c	± 039	0,21 ^a	± 0,22
Pasto-nativo	21	191 ^b	± 059	553 ^a	± 313	0,14 ^{ab}	± 0,10
Leguminosas	3	256 ^{ab}	± 114	267 ^{bc}	± 298	0,16 ^{ab}	± 0,03

¹ Número de observações

Médias seguidas das mesmas letras, em cada coluna, não são estatisticamente diferentes ($P > 0,05$), pelo teste de Duncan.

estavam mais velhas. Este fato mostra que o Mn possui baixa taxa de translocação nos tecidos das forrageiras, aumentando sua concentração com a idade das plantas. Apesar das grandes variações em ambas as estações, a quantidade de Mn nas forrageiras estava acima das exigências nutricionais dos animais, apresentando 204 e 87 ppm de Mn nas estações seca e chuvosa, respectivamente. Este fato mostra que em regiões onde ocorre deficiência de Mn, a suplementação deve ser feita principalmente na época chuvosa, quando a concentração deste mineral é menor na dieta animal.

A Tabela 2 mostra também que a análise de variância dos níveis de Mn no fígado dos animais mostrou diferenças estatisticamente significativas ($P < 0,005$) entre as estações seca e chuvosa. O nível médio de Mn no fígado dos animais foi de 8 ppm na estação seca, e de 4 ppm na estação chuvosa. O nível de 8 ppm no fígado é considerado normal (Underwood 1977). Entretanto, durante a estação chuvosa o nível médio foi de apenas 4 ppm, considerado deficiente para bovinos. Como já foi previamente explicado, embora os níveis de Mn nas forrageiras fossem adequados, em ambas as épocas, por causa da presença de níveis elevados de Fe e Co na dieta, provavelmente tenha havido inibição na absorção de Mn a nível intestinal. Os dados também mostram que com o aumento do Fe e Co, para que os animais apresentassem níveis normais de Mn no fígado, foi necessário que a dieta apresentasse na época seca 204 ppm de Mn, isto é, cerca de dez vezes a exigência nutricional recomendada pelo NRC (National Research Council 1976) que é de 20 ppm.

A Tabela 3 mostra diferenças estatisticamente significativas ($P < 0,03$) na concentração de Mn entre

as espécies forrageiras estudadas. Os dados mostram que o capim-sempre-verde e as leguminosas foram as plantas mais ricas em Mn, com 420 e 256 ppm, respectivamente. Com concentrações intermediárias, seguiram-se as forrageiras nativas e o capim-colonião, com 191 e 174 ppm, respectivamente. As forrageiras com menores concentrações médias de Mn foram capim-gordura com 126 ppm, e capim-jaraguá com 106 ppm. Todas as espécies, entretanto, mostraram concentrações acima das necessidades nutricionais mínimas recomendadas pelo NRC (National Research Council 1976).

A Tabela 4 mostra que não houve diferenças estatísticas entre as concentrações de Fe dos solos das seis fazendas estudadas. Sánchez (1976) indica que 20 ppm de Fe na solução do solo é suficiente para atender às exigências desse mineral para diversas culturas. Com base neste critério, a quantidade de Fe mostrou-se ligeiramente baixa nas fazendas 1 e 3, que tiveram médias de 16 e 15 ppm, respectivamente. O Fe no solo foi positivamente correlacionado com Al e H, e negativamente correlacionado com pH.

A Tabela 4 ainda mostra que houve diferenças estatísticas ($P < 0,03$) na concentração de Fe das forrageiras entre as fazendas estudadas. As exigências de Fe para novilhos em crescimento e em terminação são de 10 ppm, de acordo com o NRC (National Research Council 1976). A partir de 400 ppm de Fe na dieta, existe possibilidade de toxidez para bovinos. Os dados da Tabela 4 não mostram deficiência de Fe em nenhuma das seis fazendas estudadas. O nível mais baixo (104 ppm de Fe), foi observado na fazenda 2, que é cerca de dez vezes as exigências de bovinos em pastejo. O mais alto nível foi encontrado na fazenda 5, com 405 ppm. Este nível de Fe já pode iniciar efeitos

TABELA 4. Níveis de ferro no solo, nas forrageiras e no fígado; de acordo com a fazenda estudada.

Fazenda	ppm de Fe no solo			ppm de Fe na forrageira			ppm de Fe no fígado		
	N ¹	Média	DP	N	Média	DP	N	Média	DP
1	72	16 ^a	± 11	76	286 ^{ab}	± 276	63	318 ^b	± 146
2	72	27 ^a	± 15	72	104 ^c	± 056	55	311 ^b	± 129
3	36	15 ^a	± 31	48	160 ^{bc}	± 179	70	321 ^b	± 112
4	60	28 ^a	± 27	60	290 ^{ab}	± 280	68	337 ^b	± 103
5	24	42 ^a	± 14	52	405 ^a	± 559	69	313 ^b	± 104
6	48	36 ^a	± 19	48	153 ^c	± 087	70	430 ^a	± 165

¹ Número de observações

Médias seguidas das mesmas letras, em cada coluna, não são estatisticamente diferentes ($P > 0,05$), pelo teste de Duncan.

tóxicos no metabolismo animal. Como visto anteriormente, é possível que o excesso de Fe tenha exercido efeito tóxico a nível de absorção ou de metabolismo do Mn.

A Tabela 4 mostra ainda que houve diferenças estatisticamente significativas ($P < 0,005$) entre fazendas para os níveis hepáticos de Fe. Cunha et al. (1964) indicaram que a concentração de Fe no fígado de bovinos normais varia entre 200 a 300 ppm. Ammerman et al. (1967) indicaram que bezerros que receberam dietas deficientes em Fe apresentaram 169 ppm deste mineral no fígado, e que bezerros que se alimentaram de dietas contendo 72 ppm de Fe mostraram média de 233 ppm no fígado. Estes dados indicam que o Fe encontrado no fígado dos animais estudados foi normal em todas as seis fazendas estudadas. A fazenda 6 apresentou a maior média, 430 ppm, e a fazenda 2, a menor, com 311 ppm.

A Tabela 5 mostra que não houve diferenças estatísticas das concentrações de Fe na solução do solo e nas forrageiras, entre as estações seca e chuvosa. As forrageiras durante ambas as estações mostraram Fe em quantidade suficiente para atender às exigências nutricionais dos animais.

A Tabela 5 ainda mostra que houve diferenças estatisticamente significativas ($P < 0,005$) da concentração de Fe no fígado, entre as estações seca e chuvosa. Os teores de Fe no fígado foram normais em ambas as estações. O mais alto nível de Fe durante a estação seca pode ser devido ao fato de nesta época os animais apenas manterem ou perderem peso, por causa da baixa qualidade das forrageiras. Nestas condições adversas, as exigências de Fe dos animais são menores do que na estação chuvosa, quando as pastagens apresentam-se adequadas e com quantidade suficiente de energia e proteína para os animais crescerem, ganharem peso ou exercerem qualquer outra função produtiva. Pode-se ainda acrescentar que, na época chuvosa, quando a concentração média

de Fe nas forrageiras era de 263 ppm, os animais apresentavam 284 ppm de Fe no fígado, e na época seca, quando as forrageiras continham 212 ppm, no fígado dos animais encontraram-se 393 ppm, indicando que, quando a dieta tinha mais Fe, na estação chuvosa, o fígado dos animais apresentava teores inferiores aos da estação seca, quando a dieta dos animais tinha menor quantidade de Fe. Este fato mostra que, na época chuvosa, as exigências de Fe são maiores do que na estação seca.

A Tabela 3 mostra que houve diferenças estatisticamente significativas ($P < 0,0001$) entre os teores de Fe das espécies forrageiras estudadas. As forrageiras nativas apresentaram a mais alta média, 553 ppm, seguidas do capim-gordura com 487 ppm; ambas as forrageiras apresentam-se, portanto, com níveis acima de 400 ppm, concentração esta já considerada tóxica pelo NRC (National Research Council 1976). As duas menores médias foram a do capim-sempre-verde e a do capim-colonião com 141 e 154 ppm, respectivamente. As leguminosas e o capim-jaguá apresentaram valores intermediários.

Não houve diferenças significativas entre as concentrações de Co na solução do solo (Tabela 6). Kubota (1968) encontrou que solos com 0,11 a 1,41 ppm de Co eram capazes de produzir pastagens que atendiam às exigências nutricionais dos bovinos. Entretanto, nas condições deste experimento, apenas os solos com mais de 0,82 ppm de Co produziram forrageiras com níveis capazes de atender às exigências nutricionais dos animais. Os solos das fazendas 1, 3 e 4 que tiveram médias de 1,79, 1,85 e 0,82 ppm de Co, produziram forrageiras com níveis adequados de Co. Os solos das fazendas 2, 5 e 6 apresentaram as médias 0,20, 0,19 e 0,35 ppm, respectivamente, sendo que estes solos produziram forrageiras deficientes ou no limite da deficiência de Co. Os solos destas fazendas, com poucas exceções, eram arenosos, e Kubota (1968) encontrou alta correlação entre deficiência de Co e solos arenosos.

TABELA 5. Níveis de ferro no solo, nas forrageiras e no fígado, de acordo com a estação do ano.

Estação	ppm de Fe no solo			ppm de Fe na forrageira			ppm de Fe no fígado		
	N ¹	Média	DP	N	Média	DP	N	Média	DP
Seca	192	25 ^a	± 20	217	212 ^a	± 227	202	393 ^a	± 129
Chuvosa	120	27 ^a	± 23	139	263 ^a	± 388	193	284 ^b	± 116

¹ Número de observações

Médias seguidas das mesmas letras, em cada coluna, não são estatisticamente diferentes ($P > 0,05$), pelo teste de Duncan.

A Tabela 6 mostra ainda que, na concentração de Co das forrageiras, houve diferenças estatisticamente significativas ($P < 0,007$) entre fazendas. O NRC (National Research Council 1976) indica que para bovinos em pastejo, as exigências nutricionais de Co estão entre 0,05 a 0,1 ppm. As fazendas 1, 3 e 4 produziram forragens com 0,20, 0,13 e 0,14 ppm de Co, respectivamente, níveis, portanto, adequados para as exigências dietéticas dos animais. Estas concentrações de Co nas forrageiras das fazendas 1, 3 e 4, estão associadas com solos que continham níveis de 1,79, 1,85 e 0,82 ppm de Co, respectivamente. As fazendas 2, 5 e 6 tiveram forrageiras com médias de 0,04, 0,09 e 0,06 ppm de Co, respectivamente. A média de 0,04 ppm é considerada deficiente e os níveis 0,09 e 0,06 ppm podem ser tidos como limite da deficiência. Estes valores das forrageiras estavam associados com solos contendo 0,20, 0,19 e 0,35 ppm de Co, nas fazendas 2, 5 e 6, respectivamente. Houve alta correlação ($r = 0,56$) entre Co no solo e Co nas forrageiras.

A análise de variância para níveis de Co no fígado mostrou diferenças ($P < 0,025$) entre as fazendas

estudadas (Tabela 6). Underwood (1977) encontrou que o nível entre 0,08 a 0,12 ppm de Co no fígado de bovinos é normal. A Tabela 6 mostra, portanto, que não havia deficiência de Co nos animais das fazendas estudadas. Entretanto, níveis de Co no solo e nas forrageiras eram insuficientes para atender às exigências nutricionais dos bovinos em todas as fazendas, como foi mostrado anteriormente. Contudo, os animais amostrados estavam recebendo uma suplementação mineral que supria de 100 a 640% das exigências nutricionais de Co na estação chuvosa, e de 240 a 740% na estação seca (Mendes 1977). Conseqüentemente, não foram encontrados animais deficientes em cobalto.

A Tabela 7 mostra que não houve diferenças estatísticas nas concentrações de Co no solo entre as estações seca e chuvosa.

A Tabela 7 indica que para as concentrações de Co nas forrageiras houve diferenças estatisticamente significativas ($P < 0,0001$) entre as estações seca e chuvosa. Os níveis médios de Co foram 0,08 e 0,17 ppm, nas estações seca e chuvosa, respectivamente.

TABELA 6. Níveis de cobalto no solo, nas forrageiras e no fígado, de acordo com a fazenda estudada

Fazenda	ppm de Co no solo			ppm de Co na forrageira			ppm de Co no fígado		
	N ¹	Média	DP	N	Média	DP	N	Média	DP
1	72	1,79 ^a	± 2,25	76	0,20 ^a	± 0,19	63	0,18 ^c	± 0,13
2	72	0,20 ^d	± 0,10	72	0,04 ^f	± 0,05	55	0,26 ^{bc}	± 0,21
3	36	1,85 ^a	± 1,87	48	0,13 ^{bc}	± 0,06	61	0,19 ^c	± 0,15
4	60	0,82 ^b	± 0,98	60	0,14 ^b	± 0,10	69	0,36 ^{ab}	± 0,19
5	24	0,19 ^e	± 0,07	52	0,09 ^{de}	± 0,14	63	0,26 ^{bc}	± 0,29
6	48	0,35 ^c	± 0,20	48	0,06 ^{ef}	± 0,05	52	0,40 ^a	± 0,37

¹ Número de observações

Médias seguidas das mesmas letras, em cada coluna, não são estatisticamente diferentes ($P > 0,05$), pelo teste de Duncan.

TABELA 7. Níveis de cobalto no solo, nas forrageiras e no fígado, de acordo com a estação do ano.

Estação	ppm de Co no solo			ppm de Co na forrageira			ppm de Co no fígado		
	N ¹	Média	DP	N	Média	DP	N	Média	DP
Seca	192	0,82 ^a	± 1,21	217	0,08 ^b	± 0,10	201	0,31 ^a	± 0,20
Chuvosa	120	1,02 ^a	± 1,86	139	0,17 ^a	± 0,14	162	0,24 ^a	± 0,27

¹ Número de observações

Médias seguidas das mesmas letras, em cada coluna, não são estatisticamente diferentes ($P > 0,05$), pelo teste de Duncan.

Os valores médios encontrados nas forrageiras para as duas estações são capazes de atender às exigências nutricionais de bovinos em pastejo, de acordo com o NRC (National Research Council 1976). Os valores médios menores durante a estação seca, provavelmente são causados pela translocação do cobalto na planta, das partes velhas para as partes novas ou para as raízes e, a seguir, para o solo. A Tabela 7 mostra ainda que não houve diferenças estatísticas quanto às concentrações de Co no fígado entre as estações seca e chuvosa. Como já foi dito, os dados de Co do fígado dos animais são difíceis de serem interpretados, por causa principalmente dos altos níveis de Co na suplementação mineral.

A Tabela 3 mostra que houve diferenças estatisticamente significativas ($P < 0,0001$) na concentração de Co entre as espécies estudadas. Entre as seis espécies estudadas, o capim-sempre-verde continha a mais alta concentração de Co, 0,21 ppm. Capim-jaraguá, leguminosas, forrageiras nativas, capim-gordura e colônia continuam 0,17, 0,16, 0,14, 0,09 e 0,09 ppm de Co, respectivamente. Essas médias incluem as estações seca e chuvosa e mostram níveis adequa-

dos de Co. Entretanto, quando se consideram as médias de Co, por fazenda, espécie e estação do ano, nota-se a deficiência de Co em diversas forrageiras.

A Tabela 8 mostra as diversas correlações dos níveis de Mn, Fe e Co no solo, nas forrageiras e no fígado dos animais. A influência dos níveis de certos minerais no solo, sobre a concentração destes elementos nas forrageiras e no fígado pode ser interpretada pelo coeficiente de correlação (r). Nesta Tabela, pode-se verificar, por exemplo, que quando aumenta Mn nas forrageiras, aumenta também Mn no fígado dos animais, a correlação é positiva e estatisticamente significativa ($P < 0,001$). Por outro lado, vê-se que a correlação entre Mn no fígado e Mn no solo, não foi significativa, tendendo para ser negativa. Provavelmente o fato de a correlação Mn no solo e Mn nas forrageiras ter sido negativa, como pode-se ver na Tabela 8, mostra que a quantidade de Mn das forrageiras não depende somente da disponibilidade de Mn na solução do solo, e que outros fatores também devem ser considerados. Outras correlações poderão ser vistas na referida Tabela.

TABELA 8. Correlação entre minerais no solo, na forrageira e no tecido animal.

	Mn solo	Mn forrageira	Mn fígado	Fe solo	Fe forrageira	Fe fígado	Co solo
Mn forrageira	-0,120 ^a 0,030 ^b (312) ^c						
Mn fígado	-0,172 NS (37)	0,611 0,001 (37)					
Fe solo	-0,0402 0,001 (312)	0,130 0,02 (312)	0,113 NS (37)				
Fe forrageira	0,042 NS (312)	-0,063 NS (312)	-0,032 NS (37)	0,119 0,030 (312)			
Fe fígado	-0,048 NS (37)	0,241 NS (37)	0,581 0,001 (37)	0,159 NS (37)	0,004 NS (37)		
Co solo	0,563 0,001 (312)	-0,211 0,001 (312)	-0,283 NS (37)	-0,390 0,001 (312)	0,193 0,001 (312)	-0,230 NS (37)	
Co forrageira	0,319 0,001 (312)	-0,249 0,001 (312)	0,479 0,002 (37)	-0,128 0,023 (312)	0,513 0,001 (312)	-0,366 0,025 (37)	0,560 0,001 (312)

a = Coeficiente de correlação (r);

b = Probabilidade $> r$ Ho: $\rho = 0$;

c = Número de observações;

NS = Não significativa ($P > 0,05$).

CONCLUSÕES

1. A concentração de Mn nas forrageiras era suficiente para atender às exigências nutricionais dos bovinos em pastejo nas seis fazendas estudadas. Entretanto, os níveis de Mn no fígado dos animais esta-

vam deficientes em cinco das seis fazendas estudadas, provavelmente por causa das altas concentrações de Fe nas forrageiras e da elevada suplementação mineral com Co, o que provoca efeitos tóxicos na absorção e utilização do Mn.

2. A deficiência de Mn era generalizada, principalmente no período chuvoso, quando parece que aumentam as exigências nutricionais dos animais em pastejo.

3. As concentrações de Fe nas forrageiras e nos animais foram considerados adequados.

4. Os solos de três fazendas foram considerados baixos em Co e produziram forrageiras também deficientes neste mineral. Entretanto, o nível de Co no fígado dos animais foi normal em todas as fazendas. Isto parcialmente se deve à suplementação de Co na dieta dos animais.

REFERÊNCIAS

- AMMERMAN, C.B.; WING, J.M.; DUNAVANT, C.G.; ROBERTSON, W.K.; FEASTER, J.P. & ARRINGTON, L.R. Utilization of inorganic iron by ruminants as influenced by form of iron and iron status of the animal. *J. Anim. Sci.*, 26: 404, 1967.
- CUNHA, T.J.; SHIRLEY, R.L.; CHAPMAN JUNIOR, H.L.; AMMERMAN, C.B.; DAVIS, G.K.; KIRK, W.G. & HENTGES JUNIOR, J.F. Minerals for beef cattle in Florida. *Fla. Agr. Exp. Sta. Bull.*, 683, 1964.
- DANTAS, H.S. Manganês e cátions permutáveis na unidade utinga. *Pesq. agropec. bras.*, 6:27-30, 1971.
- FICK, K.R.; MILLER, S.M.; FUNK, J.D.; MCDOWELL, L.R. & HOUSER, R.H. Methods of mineral analysis for plant and animal tissues. Gainesville, University of Florida, Anim. Sci. Dept. 1976, 1v.
- KUBOTA, J. Distribution of cobalt deficiencies in grazing animals in relation to soils and forage plants in the U.S. *Soil Sci.*, 106:122, 1968.
- MENDES, M.O. Mineral status of beef cattle in northern part of Mato Grosso, Brazil, as indicated by age, season, and sampling technique. Gainesville, University of Florida, 1977. 236p. Tese Doutorado.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL Subcommittee on Beef Cattle Nutrition, Washington, EUA. Nutrient requirements of beef cattle. 5.ed. Washington, National Academy of Science, 1976. 56p.
- SÁNCHEZ, P.A. Properties and management of soils in the tropics. John Wiley and Sons, New York, 1976. 568p.
- SOUSA, J.C. de. Interrelationships among mineral level in soil, forage, and animal tissues on ranches in northern Mato Grosso, Brazil. Gainesville, University of Florida, 1978. 277p. Tese Doutorado.
- SOUSA, J.C. de; CONRAD, J.H.; BLUE, W.G. & MCDOWELL, L.R. Inter-relações entre minerais no solo, plantas forrageiras e tecido animal. 1. Cálcio e Fósforo. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, 14(4):387-95, 1979.
- SOUSA, J.C. de; 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, 15(3):335-41, 1980.
- UNDERWOOD, E.J. Trace elements in human animal nutrition. 4.ed. Academic Press, New York, 1977.