

SUPLEMENTAÇÃO MINERAL DE BOVINOS SOB PASTEJO

IVAN VALADÃO ROSA

EMBRAPA-CNPGC, Rodovia BR 262, km 4, Caixa Postal 154
CEP 79002-970, Campo Grande, MS

INTRODUÇÃO

Nos sistemas de criação extensivos de gado de corte, predominantes nas regiões tropicais, os bovinos exibem uma curva de crescimento caracterizada por períodos de desempenho razoavelmente satisfatórios intercalados com fases de desempenho baixo, nulo ou negativo. Este padrão cíclico de desenvolvimento é determinado, quase exclusivamente, pelo clima e ciclo vegetativo das forrageiras tropicais, com os períodos de desenvolvimento favorável dos animais associados à época chuvosa, quando as forrageiras atingem o máximo de sua disponibilidade e valor nutritivo, e as fases de desempenho insatisfatório correspondendo aos meses de seca, quando ocorre um declínio acentuado da qualidade e quantidade das forrageiras em oferta.

Nas últimas décadas tem havido uma expansão célere das pastagens no sentido da ocupação de áreas de solos eminentemente pobres, especialmente os de cerrados, graças ao desenvolvimento, pela pesquisa, de forrageiras adaptadas às condições adversas de solo e clima, como é o caso das braquiárias. Entretanto, não obstante sua capacidade de produzir sob tais condições, estas forrageiras podem exibir déficits nutricionais graves, que impedem o adequado atendimento das demandas nutricionais dos bovinos para um bom desempenho produtivo e reprodutivo. Estas inadequações nutricionais verificam-se não apenas no que se refere aos nutrientes minerais, mas também em relação à proteína, e, até certo ponto, à energia. É importante ter-se em mente este fato porque as respostas obtidas com a suplementação mineral dos rebanhos dependerão, em grande parte, de quão limitantes sejam as deficiências das forrageiras em outros nutrientes que não os minerais, como se verá mais adiante neste estudo.

Dentre os nutrientes minerais mais freqüentemente deficientes nas forrageiras tropicais, nativas ou cultivadas, destacam-se o fósforo, o sódio, o zinco, o cobre, o cobalto, o iodo e, possivelmente, o selênio. Não existem evidências inequívocas de que o cálcio, o magnésio e o enxofre possam representar problemas nutricionais nessas forrageiras, enquanto o potássio, o ferro, o manganês e o molibdênio poderiam preocupar mais do ponto de vista de seu excesso nas pastagens. Na Tabela 1 são apresentados alguns dados de composição mineral de forrageiras analisadas pelo laboratório do CNPGC, comparando-os aos níveis de exigências estabelecidos pelo National Research Council americano.

Pelo menos 15 elementos minerais são atualmente reconhecidos como essenciais à dieta dos animais: cálcio (Ca), fósforo (P), magnésio (Mg), potássio (K), sódio (Na), cloro (Cl), enxofre (S), ferro (Fe), cobre (Cu), zinco (Zn), manganês (Mn), cobalto (Co), iodo (I), selênio (Se) e molibdênio (Mo). Além destes, há indicações de que o cromo (Cr), o vanádio (V), o níquel (Ni), o estanho (Sn), o flúor (F) e a sílica (Si) sejam também essenciais, mas seu estudo carece de importância prática porque seus requerimentos dietéticos são extremamente baixos e é virtualmente impossível a ocorrência de níveis deficientes em dietas normais.

TABELA 1. Exigências* e níveis médios de minerais analisados pelo CNPGC em forrageiras tropicais.

Elemento	N**	Intervalos de exigências	Níveis nas forrageiras do Centro-Oeste
Cálcio	2190	0,18 - 0,53%	0,0 - 0,20% (37,6%) > 0,20% (62,4%)
Fósforo	1635	0,18 - 0,36%	0,0 - 0,12% (72,0%) > 0,12% (28,0%)
Magnésio	2129	0,05 - 0,25%	< 0,05 (3,5%) 0,05 - 0,18% (80,0%) > 0,18% (16,5%)
Sódio	1230	0,06 - 0,10%	< 0,10% (100%)
Zinco	1444	20 - 40 ppm	< 20 ppm (95,6%)
Cobre	2012	4 - 10 ppm	< 4 ppm (82,0%)
Cobalto	526	0,07 - 0,11 ppm	> 0,10 ppm (82,0%) < 0,05 ppm (6,5%)
Ferro	2065	10 - 50 ppm	> 50 ppm (96,0%)
Manganês	1779	10 - 40 ppm	> 40 ppm (96,5%)

* National Research Council (1, 2)

** N = número de amostras

As tabelas de requerimentos nutricionais - Já que se apresentaram na tabela acima os dados de exigências minerais segundo o National Research Council, americano, cabe aqui um parágrafo sobre o significado das tabelas de exigências nutricionais estrangeiras quando se trata de definir os níveis de minerais a serem suplementados aos bovinos sob as condições da maioria das pastagens do país. Usualmente, ao se determinarem tais níveis, levam-se em conta os valores estabelecidos por entidades estrangeiras, principalmente o NRC, mas sem a devida consideração para as condições sob as quais tais valores foram estimados. O ponto mais importante a ressaltar neste contexto é o de que as exigências de cada nutriente são estabelecidas para condições em que todos os demais nutrientes da dieta são mantidos em níveis adequados, exceto aquele cujas exigências estão sendo determinadas. Como nas condições de pastejo em forrageiras tropicais dificilmente os nutrientes não minerais estão todos presentes em concentrações satisfatórias, parece lícito concluir que os níveis de exigências reais dos animais sob tais condições estarão sempre aquém daqueles registrados nas referidas tabelas. Além disso, um exame comparativo dos dados de exigências dietéticas de vários minerais, estabelecidas por diferentes entidades, mostra discrepâncias mais ou menos acentuadas entre elas. Estas discrepâncias decorrem, principalmente, dos diferentes coeficientes de

digestibilidade considerados para cada mineral. Assim, por exemplo, o NRC (2) considera um coeficiente de digestibilidade de 50% para o cálcio e 85% para o fósforo, enquanto o Agricultural Research Council (3), da Inglaterra, atribui ao cálcio um coeficiente de absorção de 68% e, para o fósforo, 78% para animais até 1 ano e 58% daí em diante até a maturidade. Como exemplo de quão acentuadas podem ser as divergências entre instituições, apresenta-se na Tabela 2 os valores de cálcio, fósforo e magnésio estabelecidos pelo ARC, NRC e INRA (França) para três condições fisiológicas.

TABELA 2. Exigências de cálcio, fósforo e magnésio (g/dia) por diversas classes de bovinos, publicados por várias instituições.

Classe*	Elemento	Instituição				
		ARC			NRC	
		ARC (1965)	ARC (1980)	Corte (1976)	Leite (1978)	INRA (1975)
Crescimento	Ca	33	26	23	23	37
	P	20	14	20	17	22
	Mg	6,4	4,5	6	9	4,2
Adulto	Ca	21	14	15	21	36
	P	33	12	15	17	26
	Mg	9	6	6	14	8
Lactação	Ca	102	64	-	99	140
	P	85	59	-	70	75
	Mg	28	19	-	35	22

* Crescimento: 300 kg de peso vivo (PV), ganhando 1 kg/dia

Adulto: 600 kg de peso vivo

Lactação: vaca de 600 kg, produzindo 30 kg de leite/dia

Ainda dentro do contexto de exigências dietéticas, cabe lembrar que não existem tabelas criadas para as condições brasileiras, mas algumas tentativas isoladas têm sido feitas no sentido de criar padrões nutricionais próprios, adequados às condições particulares do país, principalmente no tocante às raças zebuínas e ao clima e forrageiras tropicais. Em que pese a validade de tais esforços, tendo em vista as discrepâncias mostradas entre entidades que utilizam dados acumulados ao longo de muitos anos de pesquisa, questiona-se a oportunidade e a conveniência de dispender trabalho e recursos para tentar obter resultados que, possivelmente, não modificariam grandemente a acurácia dos valores que vêm sendo adotados. Entretanto, conforme foi sugerido anteriormente, admite-se que os níveis de exigências de minerais constantes das tabelas estrangeiras estariam superestimados para as condições brasileiras. Little (4), trabalhando em condições similares, concluiu que 0,12% de fósforo na matéria seca das forrageiras tropicais estaria mais próximo das necessidades para bovinos do que os níveis estabelecidos pelo National Research Council, que estariam cerca de 30% superestimados para as condições australianas. Talvez não seria exagero sugerir um abatimento de 20% nas Tabelas do NRC para minerais, quando se tratar de bovinos azebuados sob condições de pastagens no Brasil tropical.

Antes de estudar alguns outros aspectos relevantes relacionados à suplementação mineral dos bovinos, passa-se a abordar, de forma resumida, cada mineral essencial, suas funções, metabolismo e principais efeitos de suas deficiências na dieta dos bovinos.

CÁLCIO E FÓSFORO

Dentre os 15 minerais considerados essenciais à dieta animal, o cálcio e o fósforo ocupam posição destacada em razão das múltiplas e importantes funções que desempenham no organismo. Os dois minerais representam mais de 70% da matéria mineral (cinzas) de corpo animal, sendo os principais componentes do esqueleto. Cerca de 99% do cálcio e 80% do fósforo do organismo estão presentes nos ossos e dentes. Neste aspecto é importante lembrar que o esqueleto, além de ser o arcabouço de sustentação do corpo, representa importante papel como depósito lábil de cálcio e fósforo, de onde estes elementos podem ser eficientemente mobilizados para atender às eventuais demandas metabólicas.

Além de sua participação na formação dos ossos e dentes, o cálcio desempenha papel importante na produção do leite, transmissão dos impulsos nervosos, manutenção da excitabilidade muscular, regulação do ritmo cardíaco, coagulação do sangue e ativação e estabilização de sistemas enzimáticos. Fora dos ossos, a maioria do cálcio está presente no plasma, em concentrações que variam entre os limites de 9 a 12 mg por 100 ml de sangue. Estes limites do cálcio plasmático são rigidamente mantidos por um eficiente sistema homeostático do qual participam o paratormônio, as formas ativas de vitamina D e a calcitonina. Dada a eficiência da homeostase do cálcio no sangue, o plasma e o soro não se prestam à determinação do status de cálcio do animal.

O fósforo também exerce importantes e variadas funções no organismo animal, além da sua participação na formação dos ossos e dentes. O mineral é um componente dos fosfolípidos, que influenciam na permeabilidade celular e são constituintes da bainha da mielina, que reveste e protege os nervos. Outra relevante função do fósforo é o transporte e transferência de energia a nível celular, graças às ligações fosfáticas de alta energia, como o ATP. O fósforo desempenha ainda papel importante nos sistemas tampões do sangue, na ativação de vitaminas do complexo B e participa na formação do material genético do DNA e RNA. O plasma ou soro de um animal hígido encerra 4 a 8 mg de P por 100 ml de sangue. Os eritrócitos têm uma concentração muito mais elevada de fósforo do que o plasma ou soro, o que implica em que se deve evitar a todo o custo qualquer grau de hemólise em amostras de sangue destinadas à dosagem de fósforo.

O cálcio e o fósforo são absorvidos ativamente nas primeiras porções do intestino delgado. A solubilidade dos compostos de cálcio e fósforo é aumentada em pH ácido e por isso sua absorção maior se dá na porção proximal do duodeno. A absorção de cálcio é maior em animais jovens (5) e tanto maior quanto menor for sua concentração na dieta. A presença e nível de formas ativas de vitamina D estimulam a absorção de cálcio (6) e, até certo ponto, a de fósforo (7).

Além da idade do animal, fonte de fósforo, pH intestinal etc., a absorção de fósforo é influenciada pela presença na dieta de níveis elevados de cálcio, ferro e alumínio, principalmente, que reduzem a utilização do fósforo pelo animal por formarem com ele compostos insolúveis.

A excreção de cálcio e fósforo se dá quase exclusivamente por meio das fezes.

As exigências dietéticas de cálcio e fósforo variam com uma série de fatores, dos quais o mais importante é a natureza e nível de desempenho animal. As demandas de cada um dos elementos são calculadas com base nas necessidades para manutenção mais as necessidades para produção. Na Tabela 3 são apresentadas as necessidades líquidas de cálcio e fósforo para diferentes funções dos bovinos, exemplificando como o estado fisiológico do animal pode influir nas suas demandas dietéticas.

TABELA 3. Exigências de cálcio e fósforo por bovinos para manutenção, crescimento, lactação e gestação.

Função	Exigências	
	Cálcio	Fósforo
Mantença	16 mg/kg de peso vivo	12 mg/kg de peso vivo
Crescimento	14 g/kg de ganho	8 g/kg de ganho
Lactação	1,2 g/kg de leite	0,96 g/kg de leite
Gestação - Início	3,2 g/dia	1,57 g/dia
Meio	5,2 g/dia	3,40 g/dia
Final	7,8 g/dia	4,75 g/dia

Fonte: GRACE 1983 (8)

Necessidades suplementares de cálcio e fósforo - Os pastos tropicais apresentam de modo geral uma ampla variação de composição no que respeita ao cálcio e ao fósforo. Underwood (9), comparando o cálcio e o fósforo nas pastagens, salientou a pouca probabilidade de ocorrência de deficiências espontâneas do primeiro em bovinos sob dieta exclusiva de pasto, por três razões: 1) a maioria das forrageiras encerram em seus tecidos concentrações de cálcio superiores às de fósforo; 2) os solos deficientes em cálcio são menos comuns do que os deficientes em fósforo; 3) os níveis de cálcio nas forrageiras não declinam acentuadamente com a maturidade e senescência da planta, como acontece com o fósforo. Confirmando o que sugeriu Underwood, parece existir entre os autores estrangeiros um consenso de que o cálcio não constitui motivo de cuidado quanto à probabilidade de deficiências em bovinos sob dieta de pasto. De numerosos levantamentos realizados no Brasil, apenas as forrageiras de algumas regiões do Pantanal Sul-mato-grossense parecem apresentar consistentemente concentrações deficientes de cálcio (10, 11, 12, 13).

Apesar da quase invariável suficiência de cálcio em pastagens brasileiras, o mineral tem sido incriminado por alguns como um dos nutrientes relacionados a doenças de etiologia obscura, como a "cara inchada" dos bovinos e a "doença da vaca caída". Tais incriminações, difíceis de serem sustentadas à luz daquilo que acaba de ser dito sobre o elemento, tornam-se ainda mais frágeis frente aos resultados de estudos mais recentes, que indicam para a "cara inchada" uma causa não nutricional (14), mas de origem infecciosa (15), enquanto a "doença da vaca caída" tem sido quase sempre identificada com o botulismo, secundário a um carência severa de fósforo nas pastagens (16). A este respeito serão tecidas maiores considerações no decorrer deste estudo. Um argumento digno de consideração daqueles que advogam a idéia de uma deficiência de cálcio em tais rebanhos, relaciona-se à presença, em algumas forrageiras tropicais, de níveis

excessivos de oxalatos, que complexariam o cálcio, tornando-o indisponível para utilização pelos animais. Conquanto esta seja uma verdade incontestável com respeito a eqüinos (17, 18), dificilmente poderia aplicar-se a bovinos, que têm uma capacidade muito maior de utilizar o cálcio sob a forma de oxalatos (19).

Enquanto a deficiência de cálcio sob condições de pastagens parece altamente improvável, com o fósforo o quadro é inteiramente outro. Underwood (20) afirmou que, indubitavelmente, a deficiência de fósforo era a mais amplamente distribuída em todo o mundo e o problema de maior importância econômica envolvendo bovinos sob condições de pastagens. Nos pastos nativos ou cultivados em áreas de cerrado do Brasil Central, as concentrações de fósforo são quase invariavelmente insuficientes para manter um bom nível produtivo e reprodutivo dos rebanhos bovinos. Em áreas de pastos formados em "terras de cultura" os níveis de fósforo nas forrageiras são muitas vezes adequados, dispensando a suplementação dos animais. Todavia, estas áreas tendem ao desaparecimento, quer por degradação, quer por sua utilização para agricultura, enquanto as primeiras tendem a aumentar, com a incorporação de novas regiões de solos pobres ao processo produtivo de bovinos a pasto. Além disso, o pastejo continuado de tais áreas, sem a indispensável reposição do fósforo ingerido pelos animais através das forrageiras, conduz a um agravamento gradativo do quadro de carência do elemento nos rebanhos que aí são criados, com o seu corolário de conseqüências, das quais o botulismo é, provavelmente, a mais grave de todas (21).

Os sintomas da carência alimentar de fósforo não são facilmente reconhecíveis a não ser nas condições em que a deficiência é suficientemente severa e prolongada. Nestes casos, a deficiência do mineral pode manifestar-se, inicialmente, por uma redução do apetite, seguindo-se diminuição do ganho, ou perda de peso, apatia geral, declínio da produção de leite nos animais em lactação, redução da fertilidade, alterações ósseas (deformidades, fragilidade), enrijecimento das articulações ("andar duro"), claudicação, apetite depravado (heteroxia), caracterizado por mastigar ou chupar ossos, couro, madeira, plásticos, pedras etc. Não obstante o que pensa a maioria, não há evidências de que os efeitos da deficiência de fósforo sobre a fertilidade se devam a uma ação direta do elemento sobre os órgãos da reprodução, mas sim a um efeito indireto da redução do apetite, que afeta a ingestão de proteína e energia (22).

A redução do ganho de peso (machos e fêmeas) ou da produção de leite e fertilidade (fêmeas) são sinais sempre associados à deficiência de fósforo, mas não são exclusivos desse elemento. A falta de apetite é um dos primeiros sinais observados, mas não é exclusivo do fósforo, tampouco. Os sintomas da carência de fósforo podem ser revertidos mediante a adição do elemento à dieta dos animais, sendo o apetite o primeiro a voltar ao normal. Little (23) sugere que as respostas à suplementação de fósforo são devidas a um aumento do consumo de alimentos, uma vez que a ministração de fósforo apenas não produz qualquer efeito quando se restringe a ingestão de alimentos pelo animal.

Em áreas de pastagens deficientes em fósforo, são as vacas jovens com cria ao pé que normalmente exibem primeiro os sinais da carência do elemento, pois são os animais que têm maiores demandas de fósforo. Em seguida vêm as vacas adultas, depois os animais em crescimento (machos e fêmeas), em quarto lugar os animais em acabamento, e, finalmente, animais recém-desmamados, por apresentarem reservas de fósforo adquiridas durante o aleitamento (24).

Escolha da fonte de fósforo - Dentre os minerais necessários de serem suplementados nas condições de pastagens tropicais (Tabela 1) o fósforo se destaca pela frequência com que é deficiente e pelo seu elevado custo. De modo geral, dependendo de sua concentração na mistura mineral, o elemento é responsável por 50 a 85% do custo total da mesma. Assim, qualquer tentativa de reduzir o custo da suplementação mineral terá que passar, necessariamente, pela avaliação ou pela escolha de sua fonte de fósforo.

Ao cogitar-se do uso de determinada fonte de fósforo suplementar, alguns aspectos importantes devem ser levados em consideração, quais sejam:

1. Nível e biodisponibilidade de seu fósforo - entre duas ou mais fontes de fósforo, a melhor não é necessariamente a que encerra maior concentração de fósforo, mas aquela que tem mais fósforo utilizável pelo animal.
2. Custo do seu fósforo disponível - cada fonte deve ser avaliada com base no custo unitário do fósforo efetivamente útil para o animal.
3. Nível de flúor na fonte - o flúor é um elemento tóxico quando ingerido em excesso e por isso as fontes de fósforo com níveis mais baixos de flúor devem ser preferidas.
4. Concentração de cálcio na fonte - como já foi demonstrado alhures, quando se trata de suplementar bovinos em pastagens, é mais conveniente que as fontes de fósforo contenham baixas concentrações de cálcio.
5. Palatabilidade - pode ser uma característica desejável ou não, dependendo da quantidade de mistura que o animal precisa ingerir.
6. Granulometria - deve ser compatível com as dos demais ingredientes do suplemento, a fim de evitar a segregação do produto na mistura.
7. Reatividade - é uma característica indesejável, pois pode resultar em alterações da composição química, palatabilidade e características físicas da mistura.

Disponibilidade biológica e solubilidade - de modo geral existe um consenso de que a biodisponibilidade do fósforo em um composto está diretamente relacionada à sua solubilidade em água ou ácidos fracos. Desde há muitos anos que vários investigadores vêm tentando utilizar soluções de solventes ácidos com o objetivo de desenvolver métodos químicos para predizer acuradamente a disponibilidade de fósforo de diferentes fosfatos para animais. Mais recentemente, Day et alii (25) analisaram sete fontes fosfatadas quanto ao seu fósforo total e solubilidade em ácido clorídrico a 0,4%, ácido cítrico a 2% e citrato neutro de amônia. As mesmas amostras foram submetidas ao bioensaio com pintos, considerado um dos métodos que melhor reflete a biodisponibilidade do fósforo. Os resultados claramente demonstraram não existir qualquer correlação entre a solubilidade nos diversos solventes e a biodisponibilidade determinada através do bioensaio. Os autores concluíram que os testes de solubilidade do fósforo em ácidos diluídos não podem ser usados para predizer a disponibilidade biológica do mineral em fontes fosfatadas.

Outros ensaios "in vitro" têm sido conduzidos na tentativa de obter um método simples, rápido e eficiente de predizer a biodisponibilidade do fósforo de diferentes fontes. Em um deles (26) os autores estudaram a solubilidade do fósforo de várias fontes de acordo com o tempo de incubação em dois meios: ácido cítrico a 2% e fluido ruminal. A proporção do fósforo solubilizado aumentou com o tempo de incubação e houve diferenças altamente significativas entre as fontes. Essas diferenças foram menores quando o solvente empregado foi o líquido ruminal. Os autores indicaram que o líquido ruminal é um meio de maior relevância biológica para esse teste, apresentando valores relativos de disponibilidade do fósforo mais próximos aos obtidos com ensaios comparativos "in vivo".

Em outro trabalho (27) foram testadas as solubilidades do fosfato tricálcico, fosfato dissódico, dois tipos de fosfato bicálcico, farinha de ossos e fosfato de Araxá pelas seguintes técnicas "in vitro": solubilidade em água, solubilidade em ácido cítrico, desaparecimento da matéria seca em sacos de nylon incubados no rúmen e digestão da celulose em tubos de fermentação contínua. Nos testes de solubilidade em água e no desaparecimento da MS, o fosfato bicálcico e a farinha de ossos não diferiram significativamente entre si, obtendo os menores valores. A solubilidade em ácido cítrico, considerada por muitos autores como a técnica mais correlacionada aos valores reais de biodisponibilidade, apresentou os seguintes resultados: fosfato tricálcico - 32,6%; fosfato bicálcico A - 59,3%; fosfato bicálcico B - 22,7%; farinha de ossos - 17,3%; fosfato de rocha Araxá - 0,73%. O fosfato dissódico teve os maiores valores de solubilidade em água (97,7%) e ácido cítrico (85,9%) e 98,6% de desaparecimento da matéria seca.

Rosa et alii (28) avaliaram a solubilidade ruminal e abomasal "in vitro" de várias fontes de fósforo, inferindo dos resultados obtidos que o teste de solubilidade no fluido abomasal é o melhor indicativo da biodisponibilidade do fósforo das fontes estudadas, mas que a solubilidade ruminal é útil para avaliar a biodisponibilidade do elemento para fermentação microbiana no rúmen.

Num exame comparativo mais atento dos diversos resultados de ensaios de solubilidade e biodisponibilidade de várias fontes de fósforo (dos quais apenas alguns foram referidos aqui), chama a atenção a falta de coerência entre muitos resultados obtidos para o mesmo produto e sob as mesmas condições de teste, porém por autores diferentes. Determinadas fontes fosfóricas que se revelaram melhores em um ensaio, mostraram-se inferiores em outro e vice-versa. Produtos teoricamente iguais às vezes produziram, no mesmo teste, resultados que diferiram entre si de mais de 100%. Em todas as avaliações, apenas os fosfatos de rocha mostraram-se coerentemente sempre inferiores às demais fontes testadas, embora os resultados de ensaios entre os mesmos produtos sejam também discrepantes entre autores diversos. Neste contexto algo confuso, fica a interrogação de até que ponto os dados de solubilidade e biodisponibilidade existentes na literatura nacional e estrangeira podem ser usados com confiança como base para formulação de suplementos minerais.

Fontes de fósforo para ruminantes - Considerando-se as informações precedentes, apresenta-se a seguir, na Tabela 4, uma relação de fontes de fósforo passíveis de serem utilizadas, com maiores ou menores restrições, na suplementação fosfórica dos rebanhos.

TABELA 4. Fontes de fósforo para ruminantes*.

Nome do produto	Composição percentual			Biodisponibilidade do P (%)
1. Fosfato monocálcico	21 P	16 Ca	0,16 F	105-115
2. Fosfato bicálcico	18 P	22-24 Ca	0,18 F	105-115
3. Fosfato tricálcico	18,5 P	34 Ca	0,20 F	100
4. Fosfato monossódico	25 P	19 Na	0,01 F	115-125
5. Fosfato dissódico	21,5 P	32 Na	0,01 F	115-125
6. Fosfato monoamônico	23 P	10 N	0,23 F	115-125
7. Fosfato diamônico	20 P	18 N	0,16 F	115-125
8. Ácido fosfórico	27 P		0,2 F	115-125
9. Superfosfato simples	9,5 P	29 Ca	1,2 F	100
10. Superfosfato triplo	19 P	10 Ca	0,5-1,0 F	100
11. Farinha de ossos	8-16 P	16-32 Ca		90-100
12. Fosfatos de rocha	9,5-17 P	24-38 Ca	0,9-4,5 F	50-65

*Fonte: Vários autores

Deficiência de fósforo e botulismo epizootico dos bovinos - A partir de 1985, aproximadamente, pecuaristas e técnicos tiveram sua atenção voltada para crescente mortalidade de vacas, quase sempre gestantes ou lactantes, incidindo em pastos de terras fracas e principalmente no período chuvoso. Estima-se que a "doença misteriosa" ou "doença da vaca caída", como tem sido chamada, já vitimou, desde o seu aparecimento, algumas centenas de milhares de fêmeas em toda a região Centro-Oeste. Com o sintoma característico de uma paralisia flácida progressiva no sentido pósterio-anterior, a doença praticamente não manifesta lesões macroscópicas à necrópsia. Uma série de hipóteses têm sido aventadas para atribuir uma etiologia à doença, a maioria delas com lacunas crassas e algumas delas absurdas. De todas, a única que faz sentido e encontra respaldo científico é a do botulismo. O botulismo bovino é uma intoxicação causada pelas toxinas do *Clostridium botulinum*, um germe anaeróbico que se desenvolve em matéria orgânica em decomposição. Os esporos (formas de resistência) do germe podem permanecer no meio ambiente durante longos períodos, aguardando condições propícias para sua multiplicação. Determinadas áreas podem estar relativamente livres do germe, mas, uma vez iniciado o processo de disseminação dos esporos, a doença pode espalhar-se rapidamente numa pastagem, fazenda ou região.

A epidemiologia do botulismo bovino pode ser assim resumida: uma vez que morra um animal (não apenas bovino) no pasto, seja qual for a causa, ao iniciar-se a putrefação estabelecem-se condições adequadas de anaerobiose para que os esporos de *C. botulinum*, eventualmente presentes no cadáver, passem à forma vegetativa e comecem a multiplicar-se, invadindo os tecidos e produzindo suas toxinas letíferas. Este material potencialmente tóxico não representa necessariamente, e de imediato, qualquer risco para o rebanho bovino, a menos que os animais a ele tenham acesso e o consumam. A necrofagia não é um hábito comum a bovinos, mas certas deficiências alimentares, principalmente as de proteína e fósforo, podem produzir no gado uma perversão ou depravação do apetite, que os leva a consumir materiais estranhos à sua dieta (alotriofagia), incluindo carne (sarcofagia) e ossos (osteofagia). Consumindo o material

contaminado, o bovino pode morrer em poucas horas, um ou mais dias, pode tornar-se um doente crônico ou nada sofrer, dependendo da quantidade e tipo de toxina ingerida. Se o animal morre da doença, o cadáver e o local onde o mesmo se decompõe tornam-se um novo foco de esporos e toxinas, aumentando as possibilidades de disseminação da doença no pasto, na fazenda e na região. O que acabamos de descrever pode ser considerado como uma poluição ambiental progressiva, de graves conseqüências para os rebanhos. Esta forma de poluição pode comprometer também as coleções de água, onde, no caso de pastos muito contaminados, podem acumular-se esporos e toxinas do germe, com eventual intoxicação e morte de animais que consumam essas águas.

O diagnóstico clínico do botulismo deve basear-se na presença de cadáveres em decomposição ou ossadas nas pastagens (não apenas de bovinos), em históricos de osteofagia no rebanho, sintomas de paralisia flácida progressiva e ausência de lesões necroscópicas conspícuas. Nos casos de surtos de botulismo no Brasil Central, acredita-se que a deficiência severa de fósforo seja a causa secundária mais importante, embora a deficiência protéica, quase sempre associada à de fósforo nas pastagens, possa ter também alguma participação. O fato de que as vacas em produção (gestantes ou lactantes) sejam as mais afetadas pela doença, explica-se por ser esta categoria mais exigente nutricionalmente, principalmente no que respeita ao fósforo, como mostra a Tabela 5.

O quadro do botulismo tende ao agravamento na medida em que os solos das pastagens, originalmente pobres em fósforo e outros nutrientes, são usados e abusados sem a preocupação de restituir pelo menos parte daquilo que vem sendo removido continuamente pelos animais, ao mesmo tempo em que os esporos do *Clostridium botulinum* se disseminam num meio ambiente que lhes é cada vez mais favorável.

As medidas para o controle eficaz do botulismo numa pastagem, fazenda ou região, continuam sendo as mesmas recomendadas desde os primórdios do estudo da doença: 1) suplementação adequada de fósforo dos rebanhos que estão sendo afetados; 2) eliminação meticulosa de cadáveres e ossadas dos pastos, bem como de outras possíveis fontes de contaminação; 3) vacinação anual dos rebanhos atingidos, com anti-toxinas botulínicas C e D de procedência idônea. Destas, a mais importante, sem dúvida alguma, é a suplementação do fósforo, pois não apenas concorre para prevenir o botulismo, como também corrige as deficiências do elemento em áreas muito mais amplas, evitando prejuízos maiores do que a própria mortalidade causada pelo botulismo (29).

TABELA 5. Exigências de fósforo de várias categorias animais de acordo com seu estado fisiológico.

Categoria animal	Peso vivo kg	Ganho/dia kg	Consumo MS kg	P na MS %	P/dia g
Novilha, terço final de gestação	325	0,4	6,6	0,22	14,5
Vaca seca, 1ª metade de gestação	350	-	5,6	0,17	9,5
Vaca com bezerro de 3-4 meses	350	-	8,2	0,28	23,0
Novilho de recria	300	0,5	7,4	0,18	13,3
Boi de engorda	400	0,5	8,5	0,17	14,4

Fonte: NRC (1)

MAGNÉSIO

O magnésio é o quarto mais importante cátion no organismo animal. Como o cálcio e o fósforo, o magnésio também participa na formação dos ossos, embora em concentrações muito mais baixas. Outras funções importantes do elemento são: transmissão e atividade neuromuscular; atividade enzimática, através de sua participação na composição de muitas metaloenzimas, inclusive aquelas que desdobram e transportam grupos fosfáticos; participação como co-fator nas reações de descarboxilação, e ativador de muitas peptidases.

Cerca de 65% do magnésio do corpo animal está contido nos ossos, enquanto o restante está distribuído extra a intracelularmente em vários tecidos e órgãos.

A absorção do magnésio ocorre antes dos intestinos, no intestino delgado e parte do intestino grosso. A excreção maior do magnésio endógeno se dá por via fecal, enquanto a maior parte daquele que é absorvido em excesso é excretado via urina.

Os níveis normais de magnésio no plasma ou soro situam-se entre 1,8 e 2,0 mg/100 ml de sangue (20), considerando-se que valores de 1,0 a 1,2 mg/100 ml indicam deficiência do elemento.

A deficiência de magnésio no animal manifesta-se por uma série de sinais clínicos relacionados às suas funções, tais como: crescimento retardado, hiperirritabilidade e tetania, anorexia, incoordenação muscular e motora e convulsões. Na tetania dos pastos, o quadro clínico mais característico da carência de magnésio, os níveis séricos do elemento podem estar até 10 vezes abaixo do normal.

A susceptibilidade dos bovinos à deficiência de magnésio acentua-se à medida que os animais avançam em idade, devido a uma dificuldade progressiva em mobilizar o mineral de seus depósitos lábeis do corpo, e a uma redução da capacidade de absorção intestinal do elemento (30).

Como foi mostrado na Tabela 1, a maioria das amostras de pastagens analisadas pelo CNPGC-EMBRAPA revelam níveis de magnésio adequados às exigências dos bovinos.

SÓDIO E CLORO

Embora seus níveis de exigências nas dietas animais sejam diferentes e o quadro da deficiência espontânea de cloro nunca tenha sido descrito, estes minerais são considerados em conjunto porque estão associados no sal comum (cloreto de sódio), o mais barato, mais palatável e mais utilizado dos suplementos minerais.

O sódio e o cloro, juntamente com o potássio, funcionam na manutenção da pressão osmótica, regulando o equilíbrio ácido-base e controlando o metabolismo da água nos tecidos do corpo. O sódio está ainda envolvido na transmissão nervosa e transporte ativo de aminoácidos. O elemento é o principal cátion no fluido extracelular e responsável pela maior parte da reserva alcalina do plasma. Embora não exista um depósito lábil de sódio no organismo, boa parte do mineral está incorporada nos cristais dos ossos, de onde só é liberado quando o osso é reabsorvido. Assim, esta fração pode servir como uma forma de sódio de lenta disponibilidade para o animal (2).

As principais funções do cloro são a ativação das amilases e a sua participação no suco gástrico sob a forma de ácido clorídrico (HCl).

Herbívoros, normalmente, necessitam receber sódio suplementar porque as forrageiras em geral são pobres no elemento. Uma exceção freqüentemente observada a esta regra é a *Brachiaria humidicola*, cujos níveis de sódio são sempre superiores aos de outras forrageiras cultivadas na mesma área e, às vezes, adequados às exigências dos animais. As altas concentrações de potássio, que muitas vezes ocorrem nas forrageiras tropicais, podem agravar o problema da carência de sódio por promover o aumento de sua excreção urinária (31).

O primeiro sinal da deficiência dietética do sódio é um apetite exagerado para o sal, manifestado pelo hábito de roer, lamber ou chupar madeira, lamber ou ingerir solo e lamber o suor de outros animais. A avidez pelo sal estabelece-se após poucas semanas de uma dieta deficiente, pois não existe um órgão ou tecido de depósito no organismo. Isto implica em que o cloreto de sódio seja suprido em uma base constante aos animais sob pastejo. Entretanto, quando a dieta é deficiente em sódio, o animal defende-se procurando economizar avaramente o sal do organismo, limitando drasticamente sua excreção urinária. Somente após vários meses de dieta deficiente em sódio, o apetite do animal começa a declinar, o animal principia a perder peso e apresenta-se emaciado e com pêlos arrepiados. O animal responde prontamente à suplementação de sódio, recobrando em poucas semanas o apetite, peso e aparência sadia. O bicarbonato de sódio é tão efetivo na recuperação do animal carente quanto o cloreto de sódio, indicando que o sódio é o responsável pelas alterações e não o cloro.

Um aspecto importante do cloreto de sódio é o seu emprego como ingrediente palatilizante e controlador do consumo de misturas minerais ou outro suplemento para bovinos. Como o sal comum é considerado o único ingrediente para o qual os animais demonstram uma fome específica, consumindo-o em quantidades relacionadas ao seu nível de deficiência (32), sua adição às misturas minerais

em níveis maiores ou menores reduzem ou aumentam o seu consumo, conforme o desejado. Associado a este aspecto, cabe mencionar o problema que pode ocasionar o consumo de certas águas com elevadas concentrações de sais de sódio (salinas), que pode prejudicar a ingestão de suplementos minerais, em que o cloreto de sódio é usado como veículo para outros minerais essenciais da dieta.

Um dos meios de diagnóstico do status de sódio do organismo animal consiste em determinar a sua relação com o potássio na saliva da glândula parótida. Nos estados deficitários de sódio, a concentração deste na saliva cai drasticamente, enquanto a de potássio se eleva, ocasionando uma grande redução na relação Na:K. Murphy & Plasto (33) encontraram em novilhas pastejando forrageiras deficientes em sódio, níveis de sódio e potássio de 40 e 90 meq/litro respectivamente, o que dá uma relação Na:K de 0,44, enquanto os valores normais estão em torno de 145 e 7 meq/l para os dois minerais, o que dá uma relação Na:K de 21.

POTÁSSIO

O potássio é o terceiro mais abundante elemento mineral no corpo animal e o principal cátion no fluido intracelular. Apesar de seus requerimentos dietéticos serem elevados (0,5 a 0,7% na MS da dieta), a maioria dos alimentos encerram o mineral em concentrações adequadas a suprir as demandas metabólicas dos animais. De modo geral, as forrageiras são mais altas em potássio do que os concentrados. Certas forrageiras de crescimento rápido e luxuriante, tais como alguns cereais, podem conter altos níveis de potássio, capazes de interferir com a utilização do magnésio pelos animais, provocando quadros de tetania. O excesso de potássio na dieta pode provocar também o aumento da excreção urinária de sódio (31). O National Research Council (34) estabelece em 3% o nível máximo tolerável de potássio na dieta dos animais, mas adverte que esse nível já pode interferir com a utilização do magnésio por ruminantes. O aumento da concentração de magnésio na dieta confere proteção contra a toxicidade do potássio.

Os sinais da deficiência de potássio são: perda de apetite, emagrecimento, fraqueza muscular, irritabilidade, paralisia e tetania. A determinação da deficiência de potássio no animal não é fácil. O conteúdo de potássio plasmático, alterações do eletrocardiograma e níveis de potássio nos músculos têm sido usados com pouco sucesso. Aparentemente, o melhor meio de detectar a deficiência do elemento é através da determinação de seus níveis na dieta dos animais.

A fonte mais comum de potássio suplementar é o cloreto de potássio.

Os níveis de potássio em forrageiras analisadas pelo CNPGC, em geral, estão bem acima das exigências mínimas de bovinos, o que torna muito remota a probabilidade da ocorrência de deficiências do elemento em ruminantes sob dieta exclusiva de pasto. Embora elevados, esses níveis estão sempre aquém do limiar de toxicidade, que é de 3% na matéria seca, como foi referido anteriormente.

ENXOFRE

É um componente essencial de vários aminoácidos (metionina, cistina, cisteína, homocisteína, cistationina, taurina), da tiamina, biotina, ácido

lipóico, coenzima A, glutationa, sulfato de condroitina, fibrinogênio, heparina, ergotionina e estrogênios. Todos os compostos acima, exceto a tiamina e a biotina (vitaminas do complexo B), podem ser sintetizados "in vivo" a partir do aminoácido essencial metionina. As funções orgânicas que requerem o enxofre incluem a síntese e metabolismo de proteínas, metabolismo de carboidratos e gorduras, coagulação do sangue, função endócrina e equilíbrio ácido-básico intra e extracelular.

A flora microbiana dos ruminantes tem a capacidade de converter o enxofre inorgânico em compostos orgânicos sulfurados, que são utilizados pelo animal ou pelos próprios microorganismos do rúmen. Já os monogástricos são praticamente incapazes de tal síntese e por isso precisam receber os compostos sulfurados já prontos na dieta, para suprir suas demandas metabólicas.

A maioria dos produtos utilizados na alimentação dos rebanhos contém enxofre suficiente para atender as necessidades dos animais. Na Tabela 1 não consta o enxofre porque sua análise até o presente não tem sido realizada pelo laboratório do CNPGC.

As exigências de enxofre por ruminantes são essencialmente um aspecto da nutrição protéica. Com o crescente aumento do uso de nitrogênio não protéico (NNP) para suplementar parte da proteína da dieta dos ruminantes, aumentam as probabilidades de ocorrência de carência de enxofre, uma vez que a proteína que está sendo substituída pelo NNP é uma excelente fonte de enxofre. Normalmente se recomenda a suplementação de uma parte de enxofre para cada dez a quinze partes de NNP utilizado em substituição à proteína verdadeira da dieta de bovinos.

A suplementação de enxofre pode ser importante para ruminantes sob dieta de volumosos de baixa qualidade produzidos em solos pobres em enxofre ou volumosos fornecidos com alguma fonte de nitrogênio não protéico. Não existem no país informações de pesquisa sobre os benefícios de suplementação de enxofre a bovinos sob pastejo, embora trabalhos realizados em outras regiões tropicais deem conta de que tais benefícios podem ocorrer (35).

Existe um mecanismo, ainda não totalmente esclarecido, através do qual o enxofre em excesso na dieta interage com o molibdênio, reduzindo a utilização do cobre pelos animais (36, 37).

FERRO

O ferro está presente no corpo animal principalmente sob a forma de hemoglobina (70%). Os restantes 30% estão contidos principalmente no fígado, baço e medula óssea. A hemoglobina é o composto de eleição para o diagnóstico da deficiência de ferro. Níveis de hemoglobina abaixo de 10 g/100 ml de sangue sugerem a existência de uma deficiência do elemento. O fígado oferece boa indicação do "status" de ferro do animal, com elevação dos níveis normais quando a dieta apresenta excesso de ferro ou quando, por outras razões, o ferro do organismo não é utilizado.

Exceto em animais com severo parasitismo ou hemorragias, a deficiência de ferro em ruminantes a pasto é considerada um evento raro, uma vez que os tecidos

vegetais de modo geral, encerram mais do que suficiente ferro para atender às exigências do animal, que estão em torno de 20 ppm na matéria seca da dieta. Tendo em vista os dados de pesquisa acumulados até o presente, é possível que o ferro deva preocupar mais quanto à sua potencial toxicidade para bovinos do que quanto à sua deficiência, principalmente no caso das misturas minerais encerrando altos níveis do elemento. Standish et al. (38) mostraram que níveis de 400 ppm de ferro na dieta prejudicavam o desempenho de novilhos. Além disso, a potencial contaminação do pasto com partículas de solo, bem como a ingestão de água com alto teor de ferro podem aumentar consideravelmente o risco de toxidez de ferro. Aparentemente, o principal efeito deletério do excesso de ferro na dieta seria a formação de complexo insolúvel com o fósforo, tornando este último indisponível para absorção intestinal (39). Este aspecto poderia constituir motivo de preocupação, principalmente para as condições tropicais, onde o fósforo já se apresenta em níveis consistentemente baixos nas forrageiras.

COBRE

Em nutrição, o cobre costuma ser considerado junto com o ferro devido às suas propriedades similares e associação na formação da hemoglobina. Como o ferro, o cobre se acumula no fígado, cujos níveis do elemento dão uma idéia do "status" de cobre no organismo animal. Embora o ferro seja um constituinte essencial da hemoglobina, o cobre não é parte do mesmo composto, todavia sua relação com a formação da hemoglobina parece ser, promover a maturação das hemácias e aumentar a vida das mesmas. Devido a esta relação, um estado anêmico do animal pode resultar da deficiência de ferro ou de cobre. As exigências de cobre são aproximadamente 10 a 20 vezes menores do que as de ferro. Quando o ferro é fornecido para prevenir a anemia, o cobre é geralmente automaticamente suprido, por constituir um contaminante normal dos sais de ferro.

O cobre desempenha ainda papel de relevo na formação de sistemas enzimáticos da célula, na manutenção da integridade da bainha da mielina que reveste os nervos, na formação dos ossos e tecido conectivo, na formação da melanina na pele e pêlos, na queratinização da lã, na reprodução e na função do coração.

Em consequência das funções do cobre, acima enumeradas, os sintomas de sua deficiência são variados, dentre os quais merecem ser destacados:

1. anemia nutricional, resultante de uma prolongada deficiência de cobre;
2. ataxia enzoótica, uma condição patológica afetando cordeiros e bezerras recém-nascidos e caracterizada por perturbações da locomoção, paralisia posterior e eventualmente morte. A histopatologia revela desmielinização simétrica da medula espinhal. A doença, observada inicialmente na Inglaterra, já foi descrita no Brasil em ovinos e atribuída a uma deficiência de cobre, cujos níveis hepáticos se revelaram muito baixos (40);
3. morte súbita, uma anomalia caracterizada principalmente por atrofia e fibrose do miocárdio, descrita na Austrália em gado sob condições de pastagem pobre em cobre. Os animais afetados cambaleiam, caem e morrem subitamente, provavelmente devido a uma falência cardíaca aguda;

4. diarreia, uma das ocorrências mais comumente associadas com a deficiência de cobre direta ou induzida (toxidez de molibdênio e/ou enxofre);
5. acromotriquia ou perda da cor natural dos pêlos, que se tornam descorados nos animais de pelagem escura;
6. alterações na lã de ovinos, que se torna menos queratinizada e perde parte de sua elasticidade;
7. declínio da fertilidade do gado pela supressão ou retardamento do cio;
8. deformidades e enfraquecimento dos ossos longos, que fraturam com relativa facilidade.

A deficiência de cobre é talvez, à exceção do fósforo, a mais generalizada entre ruminantes sob condições de pastejo em várias regiões do mundo. Todavia, dentre os numerosos relatos de deficiência de cobre em ruminantes, apenas uns poucos são atribuídos a concentrações baixas de cobre na dieta (<4 ppm). A maioria dos estudos se refere a uma deficiência de cobre "condicionada", onde níveis dietéticos normais de cobre (6-16 ppm) se tornam inadequados devido a concentrações elevadas de molibdênio e enxofre na forrageira da pastagem, que bloqueiam a utilização do cobre, principalmente ao nível intestinal. Geralmente admite-se que a deficiência de cobre ocorre quando o molibdênio na pastagem excede a 3 ppm e o cobre está abaixo de 5 ppm (41). Para Bingley & Carrillo (42), quando a relação Cu:Mo na pastagem é menor do que 2,8:1, em presença de enxofre adequado, ocorre deficiência condicionada de cobre. Assim, os níveis de exigências de cobre na dieta dos animais vão depender em grande parte das concentrações de molibdênio e enxofre na mesma.

De acordo com os dados apresentados na Tabela 1, 78,6% de 2.012 amostras de forrageiras do Centro-Oeste analisadas para cobre, apresentam níveis do elemento abaixo de 4 ppm. Na maioria dos casos o molibdênio não foi analisado, mas há indicações de que o mesmo se apresenta em concentrações normais nas forrageiras. Portanto, as deficiências de cobre na região seriam quase sempre diretas e não condicionadas por um excesso de molibdênio.

A intoxicação crônica por cobre em condições de pastagem também pode ocorrer, estando todavia restrita quase exclusivamente a ovelhas, que são muito sensíveis ao excesso dietético do elemento (20 ppm ou mais). Além disso, misturas minerais altas em cobre podem produzir quadro de intoxicação em ovinos (icterícia hemolítica) quando estes têm acesso a tais suplementos, normalmente formulados para bovinos (43).

Os sinais clínicos do excesso de molibdênio na dieta são similares e indistinguíveis dos de uma deficiência de cobre. Tanto o molibdênio tóxico como o cobre deficiente podem ser corrigidos pela provisão adicional de cobre aos animais. Nas áreas onde o molibdênio está presente em altas concentrações nas pastagens, a melhor maneira de suplementar o cobre é através de injeções periódicas de compostos à base de cobre, a fim de "furar" o bloqueio intestinal imposto pelo molibdênio, que complexa o cobre, reduzindo sua absorção intestinal.

IODO

A deficiência de iodo no homem e animais é uma das mais comuns em todo o mundo. Alguns fatores que contribuem para a deficiência do elemento incluem solos com baixos níveis de iodo, solos muito drenados, distância do mar, variação na capacidade da planta em absorver iodo, etc. Dada sua dieta pouco variada, os animais estão mais sujeitos a uma deficiência de iodo do que as pessoas que vivem na mesma área.

A maioria do iodo no corpo animal está presente sob a forma de tiroxina, hormônio que funciona como regulador do ritmo metabólico nos processos fisiológicos do organismo. Na ausência de suficiente tiroxina, a tireóide sofre um processo de hiperplasia (bócio) sob o estímulo do hormônio tireotrófico, produzido pelo lobo anterior da hipófise. O bócio pode indicar uma deficiência de iodo na dieta, a presença de substâncias bocígenas nos alimentos ingeridos ou uma falha metabólica na síntese da tiroxina. A atividade bocígena tem sido identificada em muitas plantas, tais como soja, ervilhas e amendoim.

O bócio ocorre nos recém-nascidos primariamente como resultado de uma insuficiência de iodo na dieta das mães. Os animais podem nascer mortos ou fracos, com ausência de pêlos, pele engrossada e edemaciada e pescoço grosso.

A análise de iodo em tecidos vegetais ou animais é difícil, dado o caráter volátil do elemento. O diagnóstico da ocorrência de níveis baixos na dieta dos animais de uma região é geralmente feito pela constatação da existência de bócio em recém-nascidos em rebanhos não suplementados.

A deficiência de iodo em gado bovino no Brasil já foi registrada em várias regiões, embora pouco tenha sido documentado. Megale (44) reportou a ocorrência do bócio em bezerros no sul e oeste do Estado de Minas Gerais e Tokarnia & Döbereiner (45) referem-se à ocorrência da deficiência de iodo em muitas áreas do Estado de Mato Grosso. Informações variadas dão conta da ocorrência de natimortos ou neonatos com bócio em regiões do norte do país.

O uso generalizado do sal iodado para a espécie humana e animais certamente tem contribuído para reduzir a incidência do bócio em muitas regiões do mundo.

A maneira mais eficiente de prevenir a deficiência de iodo é suplementar o elemento na mistura mineral. O uso de iodeto de potássio não estabilizado deve ser evitado porque o iodo se volatiliza com facilidade nas condições tropicais. Formas mais estáveis de iodo são o iodato de potássio ou iodeto de potássio estabilizado.

COBALTO

A deficiência de cobalto, pela sua gravidade e freqüência com que ocorre, é possivelmente uma das mais importantes para bovinos em condições de pastagem. Todavia, os dados analíticos sumarizados na Tabela 1 não parecem indicar que a deficiência severa de cobalto possa ser uma ocorrência comum em pastagens do Brasil Central. Conhecida no Brasil sob várias denominações ("mal do coleto", "peste de secar", "mal de fastio", "marasmo enzoótico"), a deficiência se caracteriza por falta de apetite, perda de peso, pêlos arrepiados, pele grossa,

anemia e eventualmente morte. Os sintomas são indistinguíveis dos da subnutrição protéica ou energética e parecem indicar que o efeito da falta de cobalto pode ser simplesmente sobre o apetite, em vez de um efeito direto sobre o organismo animal. O consumo reduzido de pastagem se observa mesmo quando não existe falta aparente de pasto. Os eqüídeos nas mesmas áreas não parecem ser prejudicados. A deficiência pode variar de ano para ano numa mesma área.

A deficiência de cobalto é em realidade uma deficiência de vitamina B12 (cianocobalamina), de cuja molécula o cobalto é parte integrante (4%). A flora do rúmen dos poligástricos é capaz de sintetizar a vitamina B12, desde que haja um suprimento adequado de cobalto na dieta (0,1 ppm). Os monogástricos têm que receber a vitamina diretamente nos alimentos.

No Brasil a deficiência de cobalto já foi diagnosticada nas seguintes regiões: na serra de Ibiapaba, Ceará e no norte do Espírito Santo (46), no Estado de São Paulo (47, 48), nas chapadas do Maranhão (49), em diferentes áreas no centro e sul do Estado de Mato Grosso (45) e ainda em muitas outras regiões em que a deficiência tem sido observada, mas não documentada.

A deficiência de cobalto pode ser prevenida ou tratada através da adição de sais de cobalto à mistura mineral, do uso de balas de cobalto ("pellets"), que permanecem no rúmen-retículo liberando o elemento gradativamente, ou de injeções de vitamina B12. O uso de produtos injetáveis à base de cobalto é de validade duvidosa, uma vez que o único possível benefício obtido pelo animal seria através da reciclagem de quantidades possivelmente diminutas de cobalto pela via ruminal.

O adequado suprimento de cobalto aos bovinos deficientes produz rápida remissão dos sintomas da deficiência, sendo este talvez o sinal mais seguro para o correto diagnóstico da deficiência do elemento.

ZINCO

Há mais de 30 anos que a importância do zinco para suínos e aves é conhecida. Em suínos, uma das manifestações mais conhecidas da deficiência de zinco é a paraqueratose, uma afecção da pele caracterizada por inflamação, espessamento, descamação e alopecia.

Como ocorre com outros elementos minerais, a deficiência de zinco é influenciada pela presença na dieta de fatores tais como o cálcio e proteína vegetal. O excesso de cálcio na dieta apressa o aparecimento da paraqueratose em suínos. As exigências de zinco na dieta são maiores quando a proteína é de origem vegetal, pois o ácido fítico presente na proteína vegetal forma complexo insolúvel com o zinco. Esta fixação do zinco pelo fitato é promovida pelo cálcio. O complexo formado é mais insolúvel em pH próximo a 6,0, que é o pH da região intestinal onde o zinco é absorvido.

Até recentemente se considerava improvável a ocorrência de deficiência de zinco em bovinos sob condições de pastagem. Entretanto, a deficiência severa do elemento em gado bovino sob pastejo já foi descrita na Guiana (50) e também na Noruega e Finlândia (51).

Muitos dados de análises de forrageiras realizadas pelo CNPGC-EMBRAPA, indicam níveis de zinco no limite ou abaixo daqueles considerados adequados para bovinos (Tabela 1). Se se considera que toda a proteína da dieta desses animais é de origem vegetal, é possível que as concentrações de zinco observadas passem a ser vistas como mais limitantes. Contudo, não se tem notícia da ocorrência de casos típicos de paraqueratose em bovinos nas regiões estudadas. O que ocorre com certa freqüência são casos de fotossensibilização em bezerros, atribuídas à toxina do fungo *Pithomyces chartarum* (52). O possível envolvimento do zinco na gênese do processo, bem como eventuais efeitos da suplementação com zinco na prevenção ou cura da doença, necessitam ser investigados. Semelhantemente, a possível ocorrência de deficiências subclínicas de zinco como limitantes da produção de bovinos nas áreas em que o elemento se apresenta baixo nas forrageiras, precisa ser estudada.

MANGANÊS

A deficiência de manganês é pouco provável em gado bovino sob condições de pastagem, uma vez que as forrageiras de modo geral encerram concentrações do elemento consideravelmente acima das exigências do animal, que estão em torno de 20 ppm. Entretanto, não é fácil estabelecer um nível dietético seguro, uma vez que vários fatores podem interferir com os requerimentos do mineral pelos animais. Por exemplo, dietas altas em cálcio e fósforo aumentam as exigências de manganês (53). Fêmeas adultas têm uma demanda maior do elemento do que animais ganhando peso, em razão dos requerimentos adicionais para a reprodução e o desenvolvimento fetal (54, 55). Dyer et al. (56) registraram o nascimento de bezerros com deformidades ósseas quando as vacas receberam dieta alta em cálcio e com 47 ppm de manganês.

De acordo com McDowel & Conrad (57), concentrações de manganês abaixo das exigências animais têm sido encontradas em forrageiras do Brasil, Argentina, Costa Rica, Panamá, Uganda e África do Sul. Entretanto, os dados analíticos da Tabela 1 mostram o elemento em níveis quase sempre superiores ao limite máximo de exigência.

Concentrações tóxicas de manganês podem ocorrer em forrageiras que crescem em solos de origem vulcânica.

SELÊNIO

Durante muitos anos o selênio foi considerado apenas do ponto de vista de sua toxicidade para animais, causando sintomas de intoxicação crônica (5-20 ppm de selênio na dieta) ou aguda (>20 ppm de selênio na dieta). A intoxicação por selênio ocorre nas áreas chamadas seleníferas, devido à ingestão pelos animais de plantas "acumuladoras" de selênio, ou plantas normais, porém com concentração exagerada do elemento devido a seus níveis no solo. Em geral as áreas de selênio tóxico no mundo são aquelas em regiões áridas ou semi-áridas, com uma precipitação pluviométrica anual inferior a 500 mm.

Admite-se hoje que a deficiência de selênio possa ser mais importante do que a sua toxicidade, todavia, poucos casos estão documentados, em virtude provavelmente das dificuldades para analisar o elemento nas forrageiras e animais.

O selênio se relaciona intimamente com a vitamina E em nutrição animal. Uma série de anormalidades características de diversas espécies animais podem ser parcial ou totalmente prevenidas por selênio ou vitamina E. Presentemente esta relação é relativamente bem conhecida. As alterações referidas acima seriam produzidas pela presença dos radicais de peróxidos e hidroperóxidos, resultantes do metabolismo, que são lesivos tanto ao citoplasma como à membrana celular. A vitamina E (tocoferol) é um poderoso antioxidante e atuaria prevenindo a oxidação dos ácidos graxos poli-insaturados presentes na camada fosforolipídica da membrana. O selênio atuaria através do enzima de que ele é parte integrante - glutathione peroxidase - que teria a função de destruir os peróxidos formados, impedindo sua ação deletéria sobre os tecidos (58). A ação destes dois nutrientes é portanto aditiva, de tal modo que a presença de maiores quantidades de um na dieta reduz as exigências do outro, de modo geral.

Os sinais clínicos da deficiência de selênio em ruminantes são: falta de vitalidade, crescimento retardado e infertilidade, que não são específicos para a falta de selênio. O sintoma característico da deficiência grave de selênio em bezerros e cordeiros é a "doença do músculo branco", uma distrofia muscular de origem nutricional. Julien et alii (59) observaram uma redução de 38% na retenção de placenta por vacas quando altos níveis de selênio foram supridos na dieta.

No país, praticamente todas as investigações sobre deficiência de selênio foram realizadas no Estado de São Paulo, com determinações de níveis reduzidos do elemento em concentrados e forrageiras, relacionados a históricos de retenção de placenta e outras alterações ligadas à fertilidade de vacas (60, 61, 62). Há necessidade de pesquisas sobre a ocorrência de possíveis deficiências do elemento em outras regiões brasileiras. Presentemente, a maioria das misturas minerais para bovinos encerram selênio em sua composição.

Resumindo esta abordagem feita a cada mineral essencial à dieta dos bovinos, pode-se afirmar com relativa segurança que, para as condições estudadas, representadas principalmente pelas forrageiras nativas ou cultivadas em solos de cerrado, as deficiências mais importantes, pela sua freqüência e níveis, são as de fósforo e de sódio. Cálcio, magnésio e enxofre parecem não representar grande problema, até provas em contrário, enquanto o potássio está sempre bem acima das necessidades dos animais. Respeitante aos micronutrientes, análises forrageiras, principalmente, indicam níveis quase sempre inadequados de zinco e cobre e alguns deficientes em cobalto. As deficiências de iodo e selênio têm sido mais presumidas do que detectadas laboratorialmente. De modo geral faltam dados de pesquisas com micronutrientes que comprovem, através da resposta animal, a importância de sua suplementação.

DIAGNÓSTICO DE DEFICIÊNCIAS MINERAIS

As deficiências de um ou mais desses elementos minerais na dieta são suspeitadas quando o desempenho produtivo e/ou reprodutivo do rebanho mostra-se aquém do esperado para a espécie, categoria e idade dos animais, natureza do desempenho, época do ano, etc. Todavia, antes de incriminar uma ou mais carências minerais por problemas no rebanho, cumpre descartar outras possíveis causas dos mesmos problemas ou determinar até que ponto as mesmas estão contribuindo para a situação observada. Dentre estas, podem estar outros fatores nutricionais que não minerais, parasitismos internos ou externos, doenças crônicas, etc. Um diagnóstico inicial ou tentativo pode ser feito utilizando o conhecimento de quando o problema ocorre, idade e categoria de bovinos afetados, sintomatologia apresentada, tipos de solo e pastagens, clima, época do ano, manejo do rebanho, disponibilidade de alimentos, ocorrência de problemas semelhantes afetando outros rebanhos da região, etc. Vários fatores podem estar interrelacionados como causa de um problema definido, como por exemplo: infestações graves de parasitos intestinais podem prejudicar a absorção de minerais, da mesma forma que carências minerais graves podem predispor os animais às infestações parasitárias.

O diagnóstico definitivo da ocorrência de uma ou mais deficiências minerais no rebanho, até que ponto estas interferem com a saúde ou desempenho do rebanho e quais as respostas esperadas da suplementação mineral, não são tarefas fáceis. As técnicas de laboratório para determinar o "status" de alguns minerais na dieta animal, principalmente quando se trata de microelementos, são limitados pela falta de informações que relacionem os resultados das análises laboratoriais às respostas em desempenho animal. Ademais, nas condições brasileiras, há indicações de que os resultados analíticos, principalmente de micronutrientes, podem ser grandemente discrepantes entre diferentes laboratórios (63), o que levanta um questionamento sobre até que ponto tais resultados refletem a realidade da dieta dos animais.

Apesar das dificuldades apontadas, o levantamento das deficiências minerais de um rebanho, fazenda ou região deve contemplar, idealmente, as seguintes fases:

1. Levantamento de históricos.
2. Estudo dos solos (análise mineral, pH, formação geológica, etc.).
3. Análise da água de bebida (F, Fe, S, Na, etc.).
4. Determinação de níveis de minerais em amostras de forrageiras representativas da dieta do animal.
5. Determinação de minerais em amostras de tecidos animais (sangue, fígado, osso etc.).
6. Estudo da sintomatologia clínica exibida pelos animais.
7. Resposta dos animais à suplementação do mineral ou minerais diagnosticados como deficientes na dieta.

De maneira geral, as três primeiras fases são de valor relativo ou complementar, as três seguintes são de alto valor diagnóstico e a última fase deve idealmente coroar todo o trabalho de determinação de deficiências minerais nos rebanhos.

O estudo dos solos pode, em certas circunstâncias, fornecer indicações de possíveis deficiências para os animais. As concentrações de cobalto, molibdênio

O estudo dos solos pode, em certas circunstâncias, fornecer indicações de possíveis deficiências para os animais. As concentrações de cobalto, molibdênio e iodo no solo refletem até certo ponto os seus níveis nas plantas, mas vários fatores podem alterar a extração de minerais do solo pela planta. Assim, por exemplo, à medida que o pH do solo aumenta, a disponibilidade e uso pela planta do ferro, manganês, zinco, cobre e cobalto decresce, enquanto as concentrações de molibdênio e selênio se elevam (57).

As limitações do uso de análises de forrageiras para a detecção de deficiências minerais residem sobretudo nos aspectos seguintes: (1) a dificuldade em colher amostras que realmente representam a dieta do animal; (2) o desconhecimento da quantidade consumida pelo animal; (3) a possibilidade de obterem-se amostras contaminadas por solo. O problema da obtenção de amostras que representem a dieta do animal se agrava quando se trabalha com pastagens nativas, em que se têm numerosas espécies de plantas sendo consumidas pelos animais em quantidades variáveis.

A contaminação das forrageiras por partículas de solo pode alterar sua composição, principalmente no que tange a microelementos, tais como o cobalto, selênio, zinco e manganês (64), o que pode trazer importante contribuição à dieta dos animais. Por outro lado, a presença de altos níveis de ferro e alumínio no solo que contamina as pastagens, poderia reduzir a disponibilidade do fósforo para absorção intestinal pelo animal, através da formação de complexos insolúveis de fósforo (65).

De maneira geral pode-se afirmar que a análise química de determinados tecidos ou fluidos dos animais é o processo que fornece melhores indicações da contribuição do meio ambiente como um todo (solo, forrageiras, água) no sentido de atender às exigências minerais dos bovinos sob dieta de pasto. Todavia, sempre que possível, é desejável a confirmação do diagnóstico de deficiência mineral através da suplementação adequada do mineral ou minerais considerados deficientes na dieta, a fim de se observar a resposta animal em saúde ou desempenho, lembrando que, se houver outro nutriente mais limitante na dieta, a resposta animal à suplementação será reduzida ou nula, mesmo quando a dieta e/ou os tecidos animais analisados mostrem níveis sub-ótimos do mineral considerado.

MANEIRAS DE SUPLEMENTAR MINERAIS A BOVINOS

Uma vez definidos quais os minerais deficientes na dieta de pasto dos bovinos, o passo seguinte é escolher o modo de suplementá-los aos animais. Dentre os muitos meios de suprir minerais deficientes nas forrageiras, o mais utilizado no mundo inteiro e praticamente o único em uso no país é a suplementação por meio de misturas minerais. Embora o método encerre vantagens, pelo seu menor custo e facilidade de emprego, é também o menos eficiente. A ineficiência do método reside principalmente na falta de segurança quanto a um consumo uniforme das misturas por parte dos animais do rebanho. Assim, enquanto alguns animais podem estar consumindo minerais em excesso, outros podem estar deficientes, no mesmo rebanho. Este assunto foi devidamente revisado por Pamp et alii (32). As razões para essa ingestão desigual de misturas à disposição dos animais são apenas parcialmente conhecidas, merecendo destaque entre elas: 1)

Apetecibilidade diferenciada para misturas minerais, entre os animais do rebanho - refere-se ao gosto ou apetite que o animal tem para a mistura mineral. De maneira geral, pouco se conhece a este respeito mas sabe-se que os animais têm preferências individuais e estas, aparentemente, não estão relacionadas com deficiências de sua dieta (66). Sabe-se, todavia, que o pH da mistura mineral influencia no seu consumo, havendo indicações de que os bovinos preferem um suplemento com sabor ácido (pH 3,5) do que alcalino (pH 8,5), por razões não explicadas (67).

2) Tipo, tamanho, número de cochos no pasto e sua localização - quanto ao tipo, os cochos devem ser preferencialmente cobertos, a fim de evitar umedecimento ou encharcamento da mistura mineral, que reduz o seu valor nutritivo e o seu consumo pelos animais. Em relação ao tamanho, as dimensões do cocho devem favorecer as chances de que todos os animais tenham acesso à mistura. Não existe limite para tamanho máximo do cocho, mas em geral admite-se que o tamanho mínimo deve corresponder ao espaço de 5 cm lineares por animal do rebanho. Assim, por exemplo, para um rebanho de 100 cabeças seria necessário um cocho de, no mínimo, 5 m de comprimento. No que respeita ao número de cochos, também não existe limite quanto ao máximo, mas considera-se que para cada 50 ha de pasto deve existir pelo menos um cocho. Respeitante à localização do cocho no pasto, existe alguma controvérsia. Se a finalidade é assegurar um bom consumo diário de minerais, o cocho deve estar situado onde os animais vão com mais frequência, ou seja, próximo aos bebedouros ou junto aos "malhadouros" (locais onde os animais passam a noite). Já se disse que pastos maiores devem ter mais de um cocho de minerais. Neste caso, os cochos devem estar situados em posições opostas entre si, para facilitar o consumo de minerais e assegurar uma utilização mais uniforme das pastagens.

Uma alternativa ao uso de misturas minerais fornecidas em cochos é o fornecimento de suplementos em blocos para serem lambidos pelos animais. Além de minerais, os blocos muitas vezes suprem proteína e energia, sendo por isso mais empregados no período seco. Apesar de mais caros, os blocos são mais práticos para serem usados, dispensando cochos e podendo ser distribuídos à vontade nos pastos. Como inconvenientes dos blocos, são citados o seu consumo irregular pelo rebanho, como acontece com as misturas minerais, e, às vezes, um consumo inferior ao das misturas.

Uma terceira forma de suplementar minerais aos bovinos consiste em dissolvê-los na água de bebida dos animais. Este meio é empregado quase exclusivamente para o fósforo, mas outros minerais e até a uréia podem ser ministrados dessa maneira. A grande vantagem do método é assegurar ingestão regular e uniforme dos nutrientes dissolvidos na água, uma vez que o consumo de água pelos bovinos é diário e homogêneo. A grande limitação do método consiste em que ele só pode ser utilizado nas condições em que a água de bebida é fornecida em tanques artificiais e não existem no pasto águas de outras origens, que poderiam ser consumidas em lugar daquela com minerais dissolvidos. Uma das implicações lógicas desta técnica de suplementação é que o mineral tem que estar sob forma química solúvel em água. Na Austrália, onde o método é bastante utilizado para a suplementação de fósforo nas regiões semi-áridas, as principais fontes de fósforo utilizadas são: o ácido fosfórico (líquido), o fosfato monoamônico, o fosfato diamônico, o superfosfato triplo, o superfosfato simples e o fosfato monossódico (24).

Uma variante deste método é aquela em que os animais recebem os minerais sob forma fluida em tambores ou tanques, de mistura com suplemento de nitrogênio não protéico (uréia) e energia. O veículo líquido, que é também fonte de energia e

minerais essenciais em níveis adequados às exigências dos animais e em harmônico equilíbrio de uns para com os outros) durante os 365 dias do ano, sem distinção quanto ao tipo de pastagem, época do ano, categoria animal e tipo e nível de desempenho. A premissa básica implícita neste conceito é a de que cada animal consumirá, da mistura mineral à sua disposição, apenas o necessário para atender às suas demandas fisiológicas. Este é o conceito da sabedoria nutricional instintiva, admitida por muitos como correta, décadas atrás, mas hoje totalmente ultrapassada à luz das pesquisas mais recentes. O que se preceitua atualmente é que, em razão das marcadas diferenças entre as exigências nutricionais das diversas classes de bovinos, relacionadas principalmente ao seu estado fisiológico e época do ano, os suplementos minerais precisam ser diferenciados com vistas a atender, de maneira mais racional e econômica, as necessidades específicas de cada categoria. Assim, uma definição mais atualizada de suplementação mineral adequada seria: "é a técnica de suprir aos animais os nutrientes minerais necessários para corrigir as deficiências ou desequilíbrios de sua dieta, nas quantidades necessárias e na época certa, visando a máxima resposta ao menor custo". Sob este enfoque, o conceito de boa mistura mineral, definido por McDowell et alii (68) também necessita ser revisto. Assim, por exemplo entre duas misturas minerais, uma contendo apenas dois ou três elementos minerais, e a outra considerada "completa" em sua composição, a primeira pode ser a melhor, se nas pastagens para as quais a mesma foi formulada, apenas aqueles dois ou três minerais se apresentam em concentrações deficientes.

Ainda no mesmo contexto, outro conceito arraigado na mentalidade de muitos, e que precisa ser mudado, é o de que as boas misturas minerais devem conter cálcio e fósforo numa relação de mais ou menos 2:1, que é a proporção aproximada em que os dois minerais se encontram no organismo animal. É certo que as demandas dietéticas de cálcio são um pouco superiores às de fósforo, mas, como já foi visto anteriormente, o cálcio se apresenta nas pastagens em níveis superiores e mais estáveis do que os do fósforo, o que implica em que nem sempre o elemento precisa ser suplementado e, quando necessário, seus níveis suplementares serão certamente inferiores aos de fósforo. Assim, misturas minerais com concentrações de cálcio menores do que de fósforo são mais adequadas aos bovinos sob condições de pastagens tropicais do que aquelas em que o cálcio supera o fósforo. De igual modo, fontes de fósforo que contenham menos cálcio do que fósforo devem ser preferidas àquelas em que o cálcio predomina (24).

Além do fato há muito demonstrado de que o cálcio em excesso na dieta pode prejudicar a absorção do fósforo, há indicações de que o consumo de misturas minerais se reduz à proporção que aumenta a sua concentração de cálcio (67).

Quando examinada sob o enfoque de máxima produtividade ao menor custo, constata-se várias distorções entre o que deveria ser e o que tem sido em realidade a suplementação mineral dos rebanhos. As implicações econômicas do uso indiscriminado e irracional do insumo mineral podem representar um considerável ônus para os sistemas de produção de bovinos a pasto, pois a suplementação mineral é um item de custo elevado dentro de tais sistemas. Teoricamente, seria possível obter os mesmos resultados da suplementação mineral que ora se emprega, com uma quantidade de minerais cerca de 30% menor, ou suplementar adequadamente 10% a mais do rebanho bovino brasileiro com a mesma quantidade de minerais hoje utilizada, desde que a suplementação mineral fosse feita de maneira mais racional e equilibrada, obedecendo basicamente a dois critérios: 1) utilizar misturas minerais diferenciadas de acordo com a classe de bovinos (cria, recria

palatabilizante da mescla, normalmente é representado pelo melaço diluído em água. Com a finalidade de evitar o consumo excessivo do produto, utilizam-se equipamentos que obrigam os bovinos a lamber em vez de beber a mistura. Destes, os mais comuns são uma grade de madeira flutuante na mistura fluida ou um tambor giratório parcialmente imerso na mesma.

Outra forma de suplementar certos minerais para ruminantes consiste no uso de "balas" ou "pellets" de alta densidade, que são deglutidos pelos animais e permanecem no rúmen-retículo liberando lentamente, ao longo de semanas ou meses, o mineral ou minerais que se deseja suplementar. O elemento mais comumente fornecido por este meio é o cobalto, mas o método pode ser usado para outros micronutrientes. Macroelementos não podem ser ministrados desta forma, pois exigiriam "pellets" de grandes proporções.

Finalmente, deficiências de microelementos podem ser corrigidas através de injeções de compostos que contêm um ou mais micronutrientes carentes na dieta dos animais. Além de liberar lentamente o microelemento no organismo, as injeções permitem o acúmulo do mineral em tecidos de reserva, que possibilitam aos animais manter um "status" satisfatório do elemento durante semanas, meses ou anos.

A ministração de minerais mediante o emprego de "pellets" ou de injeções subcutâneas ou intramusculares, normalmente só se aplica às condições em que ocorrem deficiências isoladas de apenas um ou mais micronutrientes, não se justificando o seu uso numa mistura mineral para ser voluntariamente ingerida. Caso os animais recebam sal comum, é mais prático que os microelementos sejam misturados ao mesmo, em vez de injetados ou ministrado em "pellets".

Embora a rigor não se trate de uma técnica de suplementação, cabe lembrar neste capítulo a fertilização dos pastos como o meio mais eficaz de corrigir as carências minerais da dieta dos animais. Teoricamente não existe macro ou micronutriente que não possa ser suprido via forrageira através da adubação. A principal consideração ao cogitar-se deste sistema é de ordem econômica. A prática pode ser economicamente viável em explorações pecuárias intensivas ou quando os pastos apresentam deficiências isoladas, mas deve ser atentamente avaliada em termos de custo-benefício na maioria dos sistemas de produção de bovinos sob pastagens tropicais.

Resumindo este capítulo, dos vários métodos de correção de deficiências minerais na dieta, aqui esboçados, a escolha de um ou mais deles vai depender de considerações, primeiramente de ordem econômica, do mineral ou minerais envolvidos, da existência de instalações ou equipamentos adequados, condições de manejo do rebanho, disponibilidade de produtos alternativos, etc.

CONCEITO DE SUPLEMENTAÇÃO MINERAL ADEQUADA

Estima-se que apenas cerca de 20 a 25% do rebanho bovino de corte brasileiro receba adequada suplementação mineral. Entretanto, o conceito do que vem a ser uma suplementação mineral adequada precisa ser revisto, tendo em conta o contexto em que se insere a pecuária de corte nas regiões tropicais, principalmente no que tange à periodicidade na oferta e qualidade dos pastos. Assim, a idéia hoje mais amplamente difundida de suplementação mineral correta é aquela em que os bovinos recebem uma mistura mineral "completa" (contendo os

e engorda), tendo em conta que suas exigências nutricionais são diferentes; 2) utilizar misturas minerais diferenciadas de acordo com a época do ano, fornecendo com prodigalidade os minerais deficientes nas pastagens, no período do ano em que a resposta animal é favorável e reduzindo-os à proporção que essa resposta diminui ou se torna nula. Em saber fazer uso desses conhecimentos, para proveito máximo do rebanho a um custo mínimo, consiste a verdadeira tecnologia da suplementação mineral. Este conceito importante da nutrição animal pode ser melhor compreendido mediante o exame da Figura 1, a seguir.

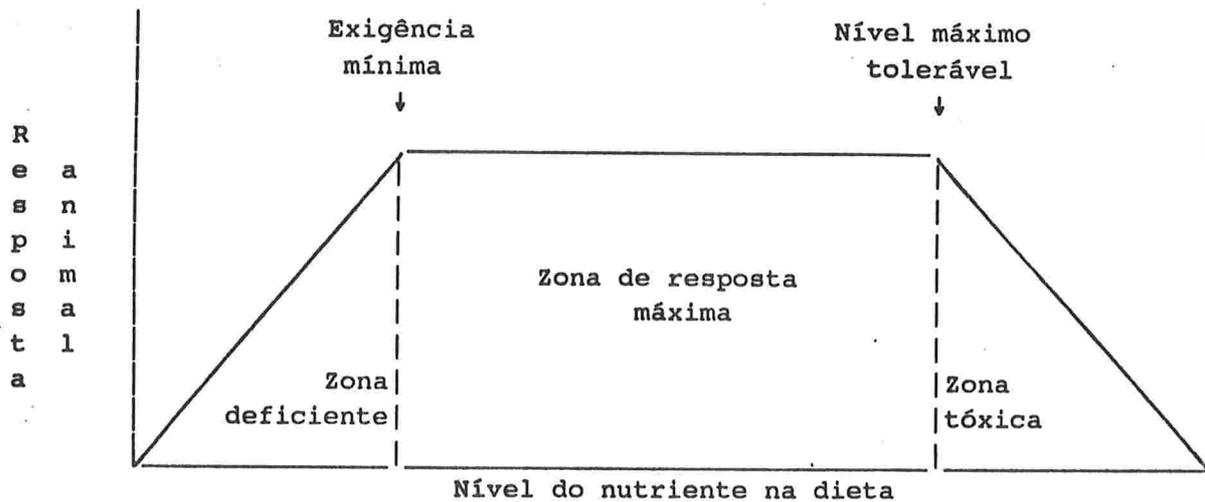


FIGURA 1. Resposta animal a níveis crescentes de um nutriente deficiente na dieta.

A Figura 1 mostra que, à medida que se aumenta a oferta de determinado nutriente deficiente na dieta, a resposta animal (desempenho produtivo ou reprodutivo) eleva-se proporcionalmente até um ponto, em que ela estaciona, mesmo que o nutriente em questão continue sendo adicionado à dieta. Este ponto, chamado de exigência mínima na figura, é aquele em que se tem a máxima resposta ao menor custo - este é o ponto que deve ser buscado em toda a suplementação mineral. A partir daí tem-se uma ampla área, chamada na Figura 1 de zona de resposta máxima, em que o desempenho animal não difere do ponto de exigência mínima, mas o seu custo se torna gradativamente maior. Esta zona deve ser evitada, pois representa o uso antieconômico do nutriente que está sendo suplementado. Finalmente, se a ingestão pelo animal do nutriente em questão continua a ser aumentada, pode-se alcançar o nível máximo tolerável, ponto a partir do qual novos acréscimos do nutriente passam a interferir com o desempenho ou saúde dos animais.

SUPLEMENTAÇÃO MINERAL NAS CHUVAS E NA SECA

Mencionou-se anteriormente a importância de diferenciar os suplementos minerais para bovinos sob pastejo, de acordo com o período do ano. Cumpre elaborar um pouco mais sobre este aspecto de suma importância no contexto da suplementação mineral. Conforme foi referido no intróito deste trabalho, os

bovinos sob pastejo em regiões tropicais normalmente manifestam um desenvolvimento cíclico, relacionado principalmente à oferta e composição das forrageiras dos pastos. Enquanto nos animais em desenvolvimento e acabamento estes períodos críticos de carência alimentar qualitativa e quantitativa (época seca) conduzem a uma elevação da idade de abate, as fêmeas em reprodução exibem redução da fertilidade, principalmente em consequência de anestros prolongados ou falhas na concepção. No período seco do ano, quando as forrageiras alcançam a maturidade e tendem para a senescência, a concentração da maioria dos minerais se reduz nos tecidos da planta e estes se tornam menos digestíveis. Em razão desse fato, a conclusão aparentemente lógica a que muitos chegam é que o período seco é a época mais importante para suplementar prodigamente os animais. Crasso engano. Não obstante a relevância das deficiências minerais, estes não são os únicos nutrientes passíveis de estarem deficientes nos pastos, conforme já mencionado. Outros nutrientes essenciais, notadamente a proteína e, secundariamente, a energia, podem apresentar-se deficientes nas forrageiras e, se não suplementados, podem interferir drasticamente na resposta animal à suplementação mineral. Isto ocorre quase sempre no período seco, com qualquer tipo de pastagem. Daí se infere que a época em que a suplementação mineral é realmente importante é o período chuvoso do ano, quando a proteína e a energia são, normalmente, satisfatórias, e os minerais são os nutrientes que mais limitam o desempenho dos animais. Dentro do enfoque custo/benefício, este é o período do ano em que a resposta dos animais compensa amplamente o elevado ônus representado pelo fornecimento de misturas minerais. O conceito anterior, ainda um paradoxo para muitos, pode ser melhor entendido com o exemplo da Figura 2, a seguir.

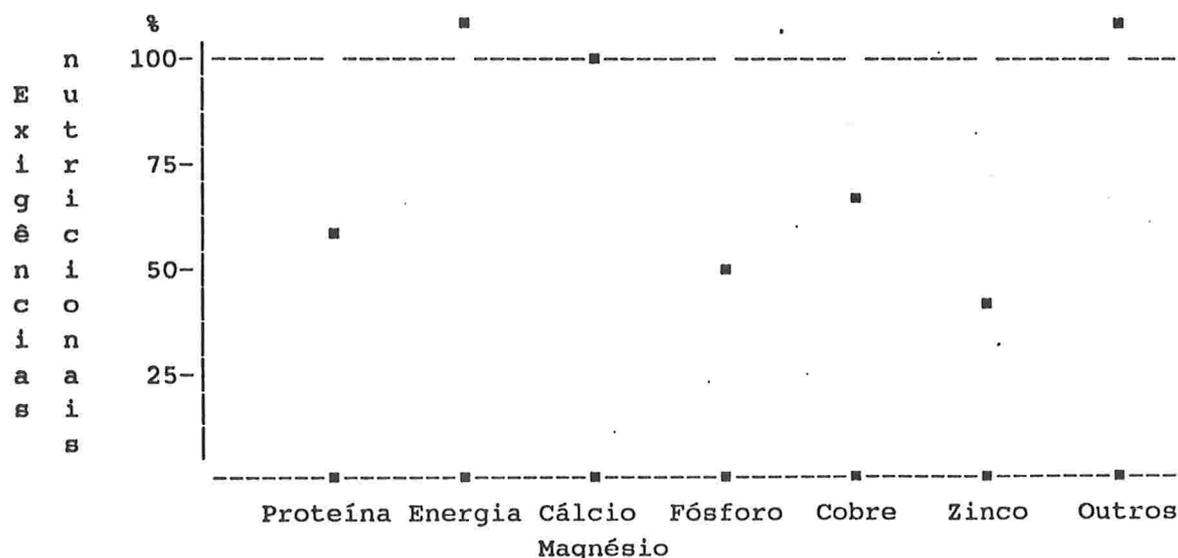


FIGURA 2. Resposta animal limitada por deficiências nutricionais não corrigidas.

Na Figura 2 temos uma situação hipotética, mas não incomum nas condições de pastagens tropicais, em que alguns nutrientes estão presentes em concentrações adequadas, outros um pouco acima das exigências dos animais, e ainda outros (proteína, fósforo, cobre e zinco), deficientes. Na situação exemplificada na figura, a suplementação de fósforo e zinco trariam apenas uma limitada resposta em desempenho animal, enquanto a de cobre não traria nenhuma, embora os três minerais estejam nitidamente deficientes no pasto. A razão dessa resposta

limitada ou ausente reside no fato de que a proteína está também deficiente e não foi suplementada. Estas observações aplicam-se particularmente à suplementação do fósforo durante a época seca e já foram referidas por outros autores, principalmente na África do Sul e Austrália (69, 70, 71, 72, 73). Ensaio preliminares realizados pelo CNPGC em três condições de pastagens, em três Estados, mostraram que bovinos em crescimento, suplementados com sal comum apenas durante os meses mais secos do ano, tiveram desempenho ponderal semelhante ao de animais que receberam suplementos minerais "completos" durante os mesmos períodos, e não apresentaram quaisquer evidências de danos decorrentes da restrição mineral no período mencionado (74, 75, 76). O parâmetro básico considerado nesses ensaios foi o ganho de peso, iniciando-se a restrição mineral quando, com o início da seca, os animais passaram a ganhar em média, 100 g ou menos por cabeça/dia, e retornando-se à suplementação "completa" quando, após o reinício das chuvas, os animais voltaram a ganhar 100 g ou mais por cabeça/dia. Embora razoavelmente demonstrada para animais em crescimento e, por ilação lógica, para animais em acabamento, a premissa anterior não se aplica aos animais em reprodução (vacas de cria), que, nas condições tropicais, em geral estão em final de gestação ou com cria nova ao pé na época seca, tendo suas demandas nutricionais elevadas nesse período. Ainda que a suplementação mineral não fizesse diferença para estes animais nesse período, possivelmente contribuiria para a manutenção de seu melhor "status" mineral, reduzindo assim o tempo necessário para o aparecimento de cio fértil após o parto.

Com base em numerosas análises de forrageiras realizadas pelo laboratório do CNPGC, constata-se que a proteína, apenas marginalmente adequada no período chuvoso, torna-se francamente deficiente na estação seca, acompanhando de modo muito similar o declínio de fósforo e, secundariamente de outros minerais, inviabilizando dessa forma, muitas vezes, qualquer resposta que poderia ser obtida com a suplementação mineral apenas, nessa etapa do ano. Neste ponto cumpre introduzir um conceito novo de deficiência nutricional. Até aqui a idéia implícita de deficiência de um nutriente coincidia com a presença deste em níveis insuficientes na dieta do animal e/ou em algum tecido ou órgão do animal, onde o nutriente tenderia a acumular-se. Underwood (9) emitiu dois postulados básicos, à luz dos quais este conceito precisa ser revisto. Segundo o autor, para que exista uma deficiência nutricional é preciso que: 1) ocorram repetidas e significantes respostas, em desempenho ou saúde animal, à suplementação do nutriente, e somente dele, na dieta; 2) desenvolva-se um quadro de deficiência quando da mudança de uma dieta satisfatória para uma deficiente no elemento. À luz destes postulados, apesar dos baixos níveis de alguns minerais nas forrageiras e em alguns tecidos animais no período seco do ano, para fins práticos não se tem uma deficiência de minerais se os animais não respondem quando os mesmos são suplementados à dieta. Isto é o que os ensaios referidos de restrição mineral na seca têm demonstrado.

Diante do que ocorre no período seco em quase todas as pastagens tropicais, restam ao pecuarista duas alternativas básicas, se deseja manter seu gado no pasto durante essa fase do ano: 1) restringir drasticamente o uso dos suplementos minerais para animais em desenvolvimento e em acabamento, já que o seu desempenho nesse período dificilmente paga o investimento com minerais; 2) reduzir apenas parcialmente a oferta de minerais, adicionando à dieta dos animais uma fonte predominantemente protéica, desde que esta medida seja economicamente viável. Normalmente, uma alternativa ao uso de concentrados protéicos, é o emprego de uréia misturada ao sal mineral, como meio de suprir parte da proteína deficiente nesse período crítico do ano. Conquanto o uso de

mistura mineral com uréia seja melhor do que apenas minerais nessa época, os resultados dessa prática nem sempre são favoráveis, em virtude de vários fatores. Talvez o mais importante destes seja o baixo consumo de uréia, um ingrediente pouco apetecível ao gado, que reduz também o consumo da mistura mineral como um todo. Mesmo quando o uso da uréia na mistura mineral produz resultados favoráveis em relação a animais suplementados apenas com minerais, esses resultados são, às vezes, mascarados e tendem a desaparecer algumas semanas ou meses após o início da estação chuvosa, em razão do chamado ganho compensatório, que é maior nos animais que perderam mais peso no período precedente.

Finalmente, é importante repetir, ao cogitar-se do uso de uréia, que no período seco o que declina não é apenas a qualidade dos pastos, mas também sua oferta. Considerando-se que um dos mais importantes efeitos da uréia, quando suplementada a uma dieta carente em proteína, é aumentar o consumo de matéria seca pelos animais, deve-se atentar para a necessidade de que exista adequada disponibilidade forrageira quando se faz uso do produto.

Winks (74) após exaustiva revisão das condições de produção de bovinos de corte em regiões da Austrália tropical, considerando as várias alternativas para superar o desempenho desfavorável nos períodos críticos de qualidade e oferta de pastos, concluiu: "Na maioria das situações parece que a suplementação de animais em desenvolvimento durante o período seconão se justifica, a não ser para prevenir mortalidades. Com vacas de cria, os suplementos são capazes de evitar a mortalidade em muitas regiões, mas os benefícios sobre a fertilidade estariam limitados àqueles animais sob estresse de lactação durante o período crítico ou às novilhas de primeira cria".

Um diagnóstico tão sombrio talvez não se aplique totalmente às condições da pecuária tropical brasileira, mas certamente a questão da suplementação dos nossos rebanhos bovinos durante os períodos de crise forrageira precisa ser reavaliada com vistas ao uso mais racional e econômico desse insumo que tanto onera os sistemas de produção de carne a pasto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. National Research Council. Nutrient Requirements of Beef Cattle. Washington, DC. Nat.Acad.Sci. 1976.
2. National Research Council. Nutrient Requirements of Beef Cattle. Washington, DC. Nat.Acad.Sci. 1984.
3. Agricultural Research Council. The Nutrient Requirements of Ruminant Livestock. Commonwealth Agricultural Bureaux, Farnham Royal, Slough.
4. Little, D.A. Res.Vet.Sci., 28:258, 1980.
5. Hansard, S.L. et alii. J.Anim.Sci., 16:437, 1957.
6. De Luca, H.F. Fed.Proc., 33:2211, 1974.
7. Chen, T.C. et alii. J.Nutr., 104:1056, 1974.
8. Grace, N.D. The Mineral Requirements of Grazing Ruminants. New Zeal. Soc. Anim. Prod., 1983 (Occasional Publication 9).
9. Underwood, E.J. The Mineral Nutrition of Livestock. Commonwealth Agricultural Bureaux, London, 1981.
10. Brum, P.A.R. et alii. Pesq.Agropec.Bras., 22:1039, 1987.
11. Pott, E.B. et alii. Pesq.Agropec.Bras., 22:1093, 1987.
12. Pott, E.B. et alii. Pesq.Agropec.Bras., 24:1381, 1989a.

13. Pott, E.B. et alii. *Pesq.Agropec.Bras.*, 24:1361, 1989b.
14. Rosa, I.V. & Döbereiner, J. *Pesq.Agropec.Bras.* (no prelo).
15. Blobel, H. et alii. *Tierarztliche Umschau*, 42:152, 1987.
16. Langenegger, J. et alii. *Agroquímica*, 20:22, 1983.
17. Swartzmann J.A. et alii. *Am.J.Vet.Res.*, 3:1621, 1987.
18. McKenzie, R.A. et alii. *J.Agric.Sci.Camb.*, 97:69, 1981.
19. Blaney, B.J. et alii. *J.Agric.Sci.Camb.*, 99:533, 1982.
20. Underwood, E.J. *Trace Elements in Human and Animal Nutrition*, 4th ed. New York: Academic Press.
21. Rosa, I.V. *O Corte*, 17:14, 1991.
22. Teleni, E. et alii. *Austr.J.Exp.Agric.Anim.Husb.*, 17:207, 1977.
23. Little, D.A. *Austr.Vet.J.*, 46:241, 1970.
24. Durand, M.R.E. Queensland Department of Primary Industries, *Tec.Bull.* 3, 1974.
25. Day, E.J. et alii. *Poult.Sci.*, 52:393, 1973.
26. Hall, G.A.B. & Lee, D.D., Jr. *Rev.Soc.Bras.Zoot.*, 7:14, 1978.
27. Moreira, V.R. et alii. In: *Reunião Anual SBZ. Anais... Viçosa*, p.116, 1988.
28. Rosa, L.C.A. et alii. *Rev.Soc.Bras.Zoot.*, 15:364, 1986.
29. Theiler, A. et alii. *J.Dept.Agric.S.Afr.*, 8:460, 1924.
30. Thomas, J.W. *Proc.Ga.Nutr.Conf.*, p.14, 1965.
31. Hafez, E.S. & Dyer, I.A. *Animal Nutrition and Growth*. Philadelphia, PA. Lea and Febiger, 1969.
32. Pamp, D.E. et alii. *World Rev.Anim.Prod.*, 12:13, 1976.
33. Murphy, G.M. & Plasto, A.W. *Austr.Vet.J.*, 48:129, 1972.
34. National Research Council. Committee on Animal Nutrition. Subcommittee on Mineral Toxicity in Animals. *Nat.Acad.Sci.*, 1980. 577p.
35. Miles, W.H. & McDowell, L.R. *World Anim.Rev.*, 46:2, 1983.
36. Suttle, N.F. *Brit.J.Nutr.*, 32:559, 1974.
37. Dick, A.T. et alii. *Chemistry*, 83:27, 1975.
38. Standish, J.F. et alii. *J.Anim.Sci.*, 29:496, 1969.
39. Standish, J.F. et alii. *J.Anim.Sci.*, 33:171, 1971.
40. Tokarnia, C.H. et alii. *Pesq.Agropec.Bras.*, 1:375, 1966.
41. Cunha, T.J. *Feedstuffs*, 45:27, 1973.
42. Bingley, J.B. & Carrillo, B.J. *Nature*, 209:834, 1966.
43. Rosa, I.V. & Gomes, R.F.C. EMBRAPA-CNPQC. *Comunicado Técnico nº 14*, 3p., 1982.
44. Megale, F. *Arq.Esc.Vet.*, Minas Gerais, 2:143, 1949.
45. Tokarnia, C.H. & Döbereiner, J. *Pesq.Agropec.Bras.*, Sér.Vet., 8 (supl.), 6p. 1973.
46. Tokarnia, C.H. et alii. *Pesq.Agropec.Bras.*, Sér.Vet., 6:71, 1971.
47. Corrêa, R. *Rev.Bras.Biol.*, 15:309, 1955.
48. Corrêa, R. *R.Arq.Inst.Biológico*, São Paulo, 24:199, 1957.
49. Tokarnia, C.H. et alii. *Pesq.Agropec.Bras.*, 3:351, 1968.
50. Legg, S.P. & Sears, L. *Nature*, 176:1061, 1960.
51. Miller, W.J. *J.Dairy Sci.*, 53:1123, 1970.
52. Döbereiner, J. et alii. *Pesq.Agropec.Bras.*, Sér.Vet., 11:82, 1976.
53. Hawkins, G.E. et alii. *J.Dairy Sci.*, 38:536, 1955.
54. Bentley, O.G. & Phillips, P.H. *J.Dairy Sci.*, 34:396, 1951.
55. Rojas, M.A. et alii. *J.Anim.Sci.*, 24:664, 1965.
56. Dyer, I.A. et alii. *Bioscience*, 14:31, 1964.
57. McDowell, L.R. & Conrad, J.H. *World Anim.Rev.*, 24:24, 1977.
58. Noguchi, T. et alii. *J.Nutr.*, 103:1502, 1973.
59. Julien, W.E. et alii. *J.Dairy Sci.*, 59:1960, 1976.

60. Lucci, C.S. et alii. *Rev.Fac.Med.Vet.Zoot., USP*, 21:65, 1984a.
61. Lucci, C.S. et alii. *Rev.Fac.Med.Vet.Zoot., USP*, 21:71, 1984b.
62. Lucci, C.S. et alii. *Pesq.Agropec.Bras.*, 22:653, 1987.
63. Pott, E.B. *Pesq.Agropec.Bras.*, 22:105, 1987.
64. Healy, W.B. In: *Int.Symp.Trace Elem.Metab.Anim.*, 2nd:448, 1974.
65. Rosa, I.V. PhD dissertation. University of Florida, Gainesville, 1980.
66. Tribe, D.E. *J.Brit.Grassl.Soc.*, 5:209, 1950.
67. Coppock, C.E. et alii. *J.Dairy Sci.*, 55:245, 1972.
68. McDowell, L.R. et alii. *Minerals for Grazing Ruminants in Tropical Regions*. Dept.Anim.Sci., University of Florida, Gainesville, 86p. 1983.
69. Bisschop, J.H.R. *South Afr.Dept.Agric.Techn.Serv.Sci.Bull.*, 365, 1964.
70. Van Schalkwick, A. & Lombard, P.E. *Agroanimalia*, 1:45, 1969.
71. Winks, L. & Laing, A.R. *Proc.Austr.Soc.Anim.Prod.*, 9:253, 1972.
72. Cohen, R.D.H. *Austr.J.Exp.Agric.Anim.Husb.*, 12:455, 1972.
73. Cohen, R.D.H. *World Rev.Anim.Prod.*, 11:27, 1975.
74. Rosa, I.V. et alii. In: *Reunião Anual da SBZ. Anais...* Rio de Janeiro, p.429, 1993.
75. Rosa, I.V. et alii. In: *Reunião Anual da SBZ. Anais...* Rio de Janeiro, p.433, 1993.
76. Rosa, I.V. Dados não publicados.
77. Winks, L.W. *Austr.Meat Res.Comm.Rev.*, 4:1, 1984.