

NUTRIÇÃO MINERAL DE GADO DE CORTE

John D. Arthington

Range Cattle Research and Education Center

University of Florida / IFAS, EUA

I. INTRODUÇÃO

Os bovinos necessitam de cinco nutrientes básicos: 1) água, 2) energia (carboidratos), 3) proteína, 4) vitaminas e 5) minerais. A água, evidentemente, nunca pode faltar e todo pecuarista sabe da importância desse nutriente essencial. Em bovinos, é comum a deficiência de energia e de proteína, tendo sido elaboradas várias estratégias de suplementação para enfrentar esse problema. Em geral, esse tipo de deficiência é percebido pela perda de peso e diminuição da condição corporal. Vacas magras geralmente padecem de falta de energia, proteína ou de ambas, desde que não estejam com nenhuma doença. A deficiência de vitaminas e minerais, ao contrário, não é fácil de ser visualizada, sobretudo quando é subclínica. Uma grande redução na eficiência de produção decorre da deficiência de vitaminas e minerais, que evoluiu para a forma clínica. Nos próximos anos, é provável que os avanços na suplementação mineral e vitamínica serão um ponto chave na ciência da nutrição para melhorar a produtividade dos bovinos nas regiões subtropicais. As informações contidas neste artigo se concentram na nutrição mineral para gado de corte criado a pasto.

Em geral, o teor de minerais nas espécies de forragens tropicais é baixo. Como a forragem é o principal elemento na nutrição mineral de gado de corte criado a pasto, é importante analisar essas deficiências e como podem afetar o desempenho dos animais que as consomem. O Quadro 1 mostra as concentrações médias de minerais normalmente encontradas em algumas forragens tropicais comuns.

Quadro 1. Composição média de minerais em alguns capins tropicais¹

Elementos	Braquiária	Colonião	Jaraguá	Gordura
Macrominerais %				
Ca	0,21	0,58	0,59	0,22
P	0,09	0,15	0,09	0,07
Mg	0,17	0,28	0,19	0,15
K	0,59	1,58	0,75	1,00
ppm				
Na	53	141	113	114
Fe	261	154	281	487
Mn	151	174	106	126
Zn	4,2	31	23	21
Mo	0,50	2,1	2,2	0,1
Cu	2,9	4,2	2,2	4,5
Co	0,02	0,09	0,17	0,09

¹SOUZA (1994); Tradução cortesia de Ivan Francisco

O Quadro 2 resume as necessidades de minerais em gado de corte. Embora se trate apenas de valores médios, fica evidente que há algumas deficiências de minerais; portanto, é preciso elaborar programas de suplementação mineral para o gado que consome essas forragens. A ocorrência comum de deficiências de minerais em forragens tropicais na América do Sul e Central foi resumida pelo Dr. Lee McDowell (University of Florida, 1999; Quadro 3).

Quadro 2. Necessidades de minerais em vacas de corte¹

Macrominerais, % ³	Gestação	Lactação	Microminerais, ppm ³	
Potássio (K)	0,60	0,70	Cobre (Cu)	10,00
Magnésio (Mg)	0,12	0,20	Ferro (Fe)	50,00
Sódio (Na)	0,06 – 0,08	0,10	Manganês (Mn)	40,00
Enxofre (S)	0,15	0,15	Zinco (Zn)	30,00
Fósforo (P)	16 – 33 g / d ²		Cobalto (Co)	0,10
Cálcio (Ca)	13 – 24 g / d ²		Iodo (I)	0,50
			Selênio (Se)	0,10

¹Fonte: *Nutrient Requirements of Beef Cattle, National Research Council, 1996.*

²As necessidades na dieta variam de acordo com a fase de produção, sendo que as mais altas são observadas nos primeiros 3 meses pós-parto.

³Necessidades de macrominerais listados como % de MS da dieta total. Microminerais listados como ppm ou mg por kg de MS na dieta.

Quadro 3. Percentuais de deficiência de minerais em amostras coletadas em locais de pesquisa na América do Sul e Central¹

Mineral	Bolívia	Colômbia	Guatemala	Nicarágua	Venezuela
	Amostras com deficiências, %				
Fé	0	0	0	13	0
Zn	81	74	49	89	96
Cu	100	100	92	100	99
Mn	0	0	24	41	5
Co	48	31	1	96	40
Se	47	74	49	18	96

¹Dados apresentados pelo Dr. Lee McDowell, University of Florida.

II. REVISÃO DOS NUTRIENTES MINERAIS ESSENCIAIS PARA GADO DE CORTE CRIADO A PASTO

Cobre

A deficiência de cobre é uma das mais comuns entre os nutrientes minerais em gado criado a pasto. O cobre é um co-fator importante de aprox. 30 sistemas de enzimas. A deficiência ocorre durante o consumo prolongado de forragens com baixo teor de cobre e/ou o consumo de forragens com altas concentrações do elemento antagonista natural do cobre, o molibdênio. O enxofre também é um importante catalisador na

interação cobre/molibdênio. Níveis de enxofre superiores a 0,35% na dieta são geralmente considerados suspeitos por serem capazes de iniciar uma deficiência de cobre. As concentrações de cobre na corrente sanguínea aumentam durante situações de estresse, o que sugere que bovinos estressados podem apresentar maior necessidade de cobre. A suplementação deve ser feita na forma de sulfato. O óxido de cobre é mal absorvido, não sendo recomendado o uso em suplementos para gado criado a pasto. Entre os sinais de deficiência de cobre se incluem: (1) imunossupressão (ausência de resposta à vacinação), (2) pelagem áspera e opaca e (3) anemia.

Zinco

Como o cobre, o zinco também é um co-fator importante para muitos sistemas de enzimas. Nas dietas de ruminantes, foi demonstrado que a deficiência de zinco contribui bastante para a fertilidade dos machos. Também foi demonstrado que as dietas enriquecidas com o teor adequado de zinco disponível melhoram a saúde estrutural dos cascos em novilhas de corte. O cobre e o zinco são absorvidos pelas mesmas vias, o que indica competição pelos locais de absorção. Portanto, os suplementos minerais devem ser formulados com uma proporção cobre:zinco de aprox. 1:2 ou 1:3. O zinco deve ser suplementado na forma de sulfato. Entre os sinais de deficiência de zinco se incluem: (1) degeneração dos tecidos conectivos (integridade dos cascos), (2) falha reprodutiva dos touros (especialmente os jovens e em crescimento) e (3) anorexia com perda de peso (principalmente em bezerros)

Selênio

O potencial de deficiência de selênio foi amplamente identificado no mundo todo. Ao contrário da maioria dos outros nutrientes minerais essenciais, a suplementação de selênio se caracteriza por um limite estreito entre deficiência e toxicidade. Na verdade, muitas regiões do mundo padecem com problemas de toxicidade do selênio nas forragens dos pastos. O selênio é essencial para a manutenção da integridade dos tecidos. Entre os sintomas de deficiência amplamente identificados se incluem a degeneração dos tecidos, que causa uma doença intitulada “doença dos músculos brancos”. Em geral, a suplementação é feita com a inclusão de selenito de sódio. Nos EUA, a inclusão de selênio é liberada até o nível máximo de 3 mg/dia. Contudo, se for atingido um consumo adequado de minerais, raramente ocorre deficiência de selênio quando é feita uma suplementação correta com selenito de sódio. Entre os sinais de deficiência de selênio se incluem: (1) degeneração dos músculos (doença dos músculos brancos), (2) falha reprodutiva e (3) imunossupressão. O selênio tem relação estreita com a vitamina E. Na verdade, não se pode cogitar a suplementação com selênio sem também pensar na vitamina E. A ausência de um desses elementos pode ser compensada pelo outro.

Manganês

Foi demonstrado que o manganês é um nutriente mineral importante para a formação natural dos ossos em animais jovens e para a otimização da fertilidade em fêmeas bovinas. Embora sejam baixas a absorção e a retenção do manganês na dieta dos bovinos, são raros os casos de deficiência em gado criado a pasto. Considerando-se a importância do manganês na fertilidade das vacas e no desenvolvimento dos bezerros jovens, é muito importante concentrar-se na suplementação ideal antes e após o parto. O sulfato é a forma de manganês disponível mais comum, mas geralmente é difícil achá-lo no comércio. Como alternativa, o óxido de manganês é uma fonte satisfatória e largamente utilizada na suplementação. Entre os sinais de deficiência de manganês se incluem: (1) anormalidades nos ossos, (2) redução da taxa de crescimento e (3) diminuição da fertilidade.

Iodo

O iodo é fundamental para a manutenção do funcionamento normal da tireóide. Isso ocorre pelo do papel essencial do iodo na regulação e na síntese dos hormônios da tireóide. Esses hormônios afetam prati-

camente todos os processos fisiológicos nos mamíferos. O dihidroiodeto de etilenodiamina (EDDI), geralmente encontrado em suplementos minerais como preventivo para podridão dos cascos, representa uma fonte de boa qualidade de iodo disponível. A inclusão de sal iodado na mistura mineral também pode suprir a suplementação adequada de iodo na maioria dos casos. Entre os sinais de deficiência de iodo se incluem: (1) queda da fertilidade, (2) aumento do volume da tireóide (bócio) e (3) ocorrência de natimortos e bezerros debilitados e/ou sem pêlos ao nascer.

Ferro

São raros os casos de deficiência de ferro em bovinos que consomem forragens. Ao contrário, o comportamento antagônico do ferro na absorção do cobre é geralmente mais importante, quando se tenta balancear os nutrientes minerais na dieta. Ademais, muitas fontes de ingredientes de outros nutrientes minerais são naturalmente contaminadas com ferro. Sendo ingeridos juntos, é provável que a suplementação de ferro não seja problema em gado criado a pasto. Às vezes a deficiência de ferro ocorre em bezerros ou bovinos adultos que perdem sangue geralmente por infestação parasitária. Na maioria dos suplementos minerais, o ferro é fornecido na forma de óxido. Essa inclusão é feita apenas na forma de agente de coloração, dando a aparência vermelha escura típica dos minerais. O óxido de ferro é praticamente *indisponível* para os animais. Se for necessária a suplementação, deve-se cogitar o uso do sulfato de ferro. Entre os sinais de deficiência se incluem: (1) anemia, (2) imunossupressão e (3) queda do ganho de peso dos bezerros.

Cobalto

O cobalto é essencial em ruminantes por sua participação na síntese da vitamina B12 no rúmen. Esse processo metabólico, específico dos ruminantes, nos permite praticamente ignorar a suplementação de vitaminas do complexo B em bovinos. Na verdade, como o cobalto é pouco armazenado nos tecidos do corpo, o status em ruminantes é geralmente verificado pelas medições dos níveis de vitamina B12 na corrente sanguínea. São utilizadas várias fontes de cobalto nas formulações minerais, inclusive o carbonato, o cloreto e o sulfato. Entre os sinais de deficiência se incluem: (1) perda do apetite que causa a perda de peso, (2) apatia e diarreia e (3) anemia.

III. DEFICIÊNCIA MINERAL E PRESENÇA DE MINERAIS ANTAGÔNICOS (FERRO, MOLIBDÊNIO E ENXOFRE)

Muitos sintomas de deficiências minerais se sobrepõem. Isso é bem explicado pelas relações intrínsecas entre muitos dos diversos minerais essenciais. Níveis elevados de um determinado elemento podem induzir deficiência de outro. Portanto, é fundamental que as formulações levem em conta o impacto de um nutriente no outro. Para complicar ainda mais a questão, os sinais clínicos geralmente são percebidos quando o animal já atingiu um estado agudo de deficiência mineral. Por outro lado, as deficiências crônicas podem afetar os parâmetros de produção por muitos anos sem se deixar mostrar pelos sintomas clínicos típicos.

A necessidade de suplementação mineral também pode ser bastante afetada pela presença de minerais antagônicos. Tais elementos fazem com que as deficiências minerais sejam agrupadas em duas amplas categorias, de acordo com as características de desenvolvimento: 1) deficiência primária e 2) deficiência secundária.

1. As deficiências minerais primárias são causadas pelo consumo de rações com baixo teor de um ou mais minerais. Tais deficiências levam muito tempo para se desenvolverem, em geral um ano ou mais. A ausência de suplementação mineral é uma característica comum das deficiências primárias, que são raras em sistemas de produção normal com um bom manejo.
2. As deficiências minerais secundárias são de longe as mais comuns entre as duas. São causadas pelo consumo de um ou mais elementos antagônicos que interferem no metabolismo normal de um outro

mineral. Uma simples avaliação do teor dos minerais pode indicar se a ração contém as concentrações adequadas. Porém, a presença de um antagonico diminui a disponibilidade do mineral, potencialmente causando uma deficiência.

Antagonismo do ferro

O ferro é o segundo mineral mais abundante na Terra, sendo encontrado em quase todas as fontes de ração para bovinos, inclusive na água. Uma quantidade significativa de Fe também pode ser digerida pelo consumo de terra durante o pastejo, assim como da contaminação das forragens colhidas. Na verdade, com exceção dos animais jovens, a deficiência de Fe é rara em bovinos sadios criados sob condições da pecuária moderna. A contribuição mais provável do Fe para os bovinos é sua capacidade de antagonizar outros minerais, principalmente o Cu e o Zn. A concentração máxima tolerável de Fe em dietas de bovinos é de 1.000 ppm; porém, níveis de 250 a 500 ppm foram associados à deficiência de Cu. O papel antagonico do Fe na nutrição com Cu não foi totalmente esclarecido. Uma explicação se refere à potencial dissociação dos complexos de sulfetos ferrosos sob o baixo pH do abomaso. Sob esse cenário, o sulfeto pode ser capaz de reagir com o Cu, formando complexos de Cu-sulfeto insolúveis. Na Nova Zelândia, a diminuição do desempenho de gado leiteiro foi associada à deficiência de Cu decorrente do consumo de forragens com alto teor de Fe.

Antagonismo do molibdênio

O molibdênio é um mineral essencial, necessário a todos os animais; contudo, são raros os casos de deficiência de Mo. Ao contrário, o seu impacto antagonico no metabolismo do Cu foi identificado há muitos anos. Em geral, o Mo exerce influência no Cu pela associação com o S na formação de tiomolibdatos no rúmen. Porém, há fortes indícios de que a diminuição do desempenho dos animais pode estar ligada à toxicidade do Mo, havendo ou não redução da disponibilidade de Cu. Foi demonstrado que novilhas que consumiram suplemento com Mo (concentração na dieta = 5 ppm) apresentaram sinais de deficiência de Cu, enquanto que as que receberam suplemento de Fe com o mesmo status de Cu não apresentaram sinais dessa deficiência. Nesses estudos, entre os sinais de deficiência de Cu foram observados: diminuição do crescimento e da eficiência alimentar (Phillippo et al., 1987a) e infertilidade. Em outro estudo (Gengelbach et al., 1997), os bezerros que receberam dietas com suplemento de Mo apresentaram menor taxa de ganho de peso em comparação aos que receberam suplemento de Fe. Ambos os grupos de bezerros apresentaram um nível equivalente de depleção de Cu em comparação aos bezerros controle que receberam suplemento de Cu. Esses resultados indicam que algumas condições, ligadas à deficiência de Cu, podem ser mais precisamente descritas como toxicidade do elemento antagonico (por ex. toxicidade do Mo).

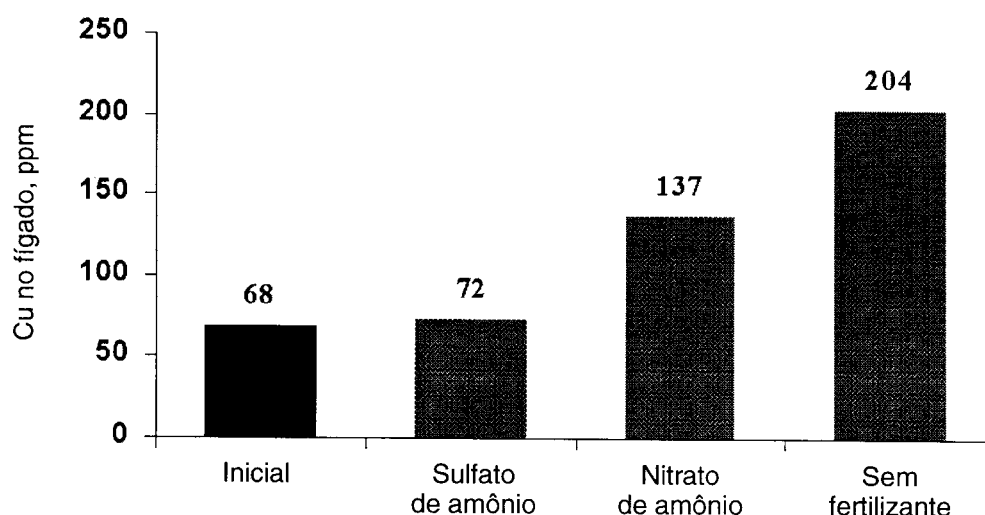
Antagonismo do enxofre

O enxofre é encontrado em praticamente todas as rações. A forma do enxofre varia bastante, de sal inorgânico a aminoácidos orgânicos. Há pouco tempo, surgiram mais indícios provenientes de sistemas de produção comercial de cria no estado da Flórida que sugerem que o S pode ser um elemento importante, que contribui para a ocorrência de deficiências secundárias de Cu. O Mo na forragem é um fator que contribui bastante para a ocorrência de deficiências secundárias de Cu em gado criado a pasto. A relação entre Cu, Mo e S foi bastante pesquisada em ruminantes criados a pasto. Embora o Mo seja um componente essencial nesse antagonismo, ele raramente afeta as reservas de Cu nos tecidos quando os níveis de S são limitantes. Com a administração do teor adequado de S na dieta, o Mo se liga ao Cu para formar um complexo insolúvel no rúmen, tornando o Cu indisponível para absorção. Descobrimos que uma concentração de S de 0,35% (S total) é suficiente para esse antagonismo se tornar problema. O atual *NRC (1996)* sobre gado de corte indica uma concentração máxima tolerável de 0,40% de S na dieta.

Enxofre em Fertilizantes. Uma quantidade significativa de enxofre na dieta pode ser obtida com a aplicação de fertilizantes. O efeito do sulfato do amônio *versus* o nitrato de amônio nas taxas de nitrogênio

comum (60 libras por acre ou 54,48 por ha) foi avaliado durante três estações consecutivas de crescimento em pastos de “bahiagrass” (gramínea *Paspalum notatum*) no estado da Flórida. Nesse estudo, a aplicação de S aumentou a produção do capim somente no ano 1, mas provocou uma elevação significativa da concentração de S nas plantas todos os anos, com média de 0,50% nos 3 anos de estudo. As vacas que consumiram pastagens fertilizadas com sulfato de amônio apresentaram menores concentrações de Cu no fígado no final da estação de pastejo em comparação ao uso do nitrato de amônio e ao não uso de fertilizantes (Figura 1). Concentrações de Cu no fígado superiores a 125 ppm são consideradas adequadas, de 75 a 125 ppm, relativamente baixas e inferiores a 75 ppm, deficientes. A coleta aleatória de 12 amostras de fígado no início do estudo revelou uma concentração inicial de Cu de 68 ppm. Esses resultados indicam que as vacas estavam com deficiência de Cu, quando foram incluídas no estudo. Um suplemento mineral balanceado à base de sal contendo 0,25 % de Cu na forma de sulfato foi oferecido às vacas de todas as pastagens. A explicação mais provável para as baixas concentrações de Cu no fígado em vacas que se alimentam de pastagens fertilizadas com sulfato de amônio são as altas concentrações de S nas forragens. O nível médio de S nos 3 anos em amostras de forragens coletadas nas pastagens tratadas com sulfato de amônio foi de 0,50%. Mesmo que o limite máximo de S na dieta fosse ultrapassado em bovinos criados em pastagens com sulfato de amônio, não foram observados redução do ganho de peso das vacas nem sinais de distresse clínico. O único indicador de toxicidade do S nesse estudo foi a não resposta à suplementação de Cu nas vacas criadas em pastagens fertilizadas com sulfato de amônio.

Figura 1. Efeito da fonte de fertilizantes em pastagens sobre os níveis de cobre no fígado em vacas de corte criadas a pasto



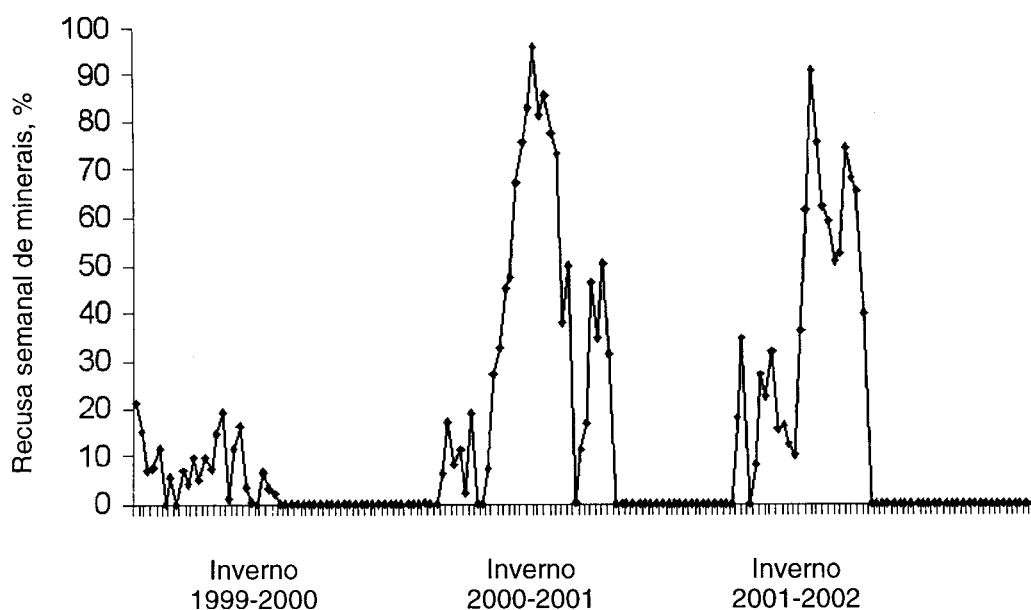
IV. SUPLEMENTAÇÃO MINERAL

A suplementação mineral em gado de corte pode ser dividida em duas amplas categorias: os macrominerais e os microminerais. Essas categorias se baseiam na quantidade de minerais necessária na dieta da vaca. Como regra geral, os microminerais são necessários em quantidades inferiores a 1 grama por dia em comparação aos macrominerais, que são geralmente necessários em níveis superiores a 1 grama por cabeça por dia. A suplementação mineral pode ocorrer por diversos meios, inclusive misturas minerais, blocos de minerais e suplementos enriquecidos com energia e/ou proteína oferecidos à vontade.

Suplementos minerais oferecidos à vontade

Essa forma de suplementação mineral é de longe a mais comum em rebanhos de gado de corte mantidos em pasto. Em quase todos os casos, é um meio eficaz e rentável de fazer uma suplementação mineral correta. Apesar das formulações variarem bastante, a mistura de base comum precisa conter aproximadamente 20 a 25% de sal, além de 8 a 12% de fósforo. Em geral, é essa variação no teor do fósforo que tem maior influência no custo total da mistura. O consumo ideal é normalmente estabelecido em 56 a 113 gramas por cabeça por dia. Infelizmente, essa meta de consumo não é atingida por todos os animais, sendo que num determinado rebanho vários consomem muito pouco ou nenhum mineral. Entretanto, na média, o consumo mineral geralmente atende os níveis ideais. É esse efeito médio que, com o tempo, faz com que os suplementos minerais oferecidos à vontade sejam a opção mais prática para a maioria dos pecuaristas. A variação sazonal é evidente. Nos meses mais úmidos do verão, os bovinos consomem facilmente suplementos minerais à base de sal oferecidos à vontade. Ao contrário, nos meses mais secos do inverno, esse consumo pode cair 15% ou mais. Nosso grupo de pesquisa no sul da Flórida elaborou um resumo sobre o consumo mineral semanal durante 3 anos. Todas as vacas de cada um dos pastos receberam uma quantidade semanal de mineral que de 57 g/dia. A Figura 2 mostra o percentual de recusa semanal desse total. Como mostram esses dados, nos meses mais úmidos do verão as vacas na Flórida não apresentaram recusa, mas nos meses mais secos do inverno a recusa é significativa. Embora seja comum em vacas de corte criadas a pasto na Flórida, esse comportamento é difícil de explicar, podendo ser diferente em outras regiões do mundo.

Figura 2. Recusa semanal de minerais administrados à vontade a vacas de corte criadas a pasto durante três anos consecutivos



Para evitar o sobreconsumo no verão, forneça mineral a cada 10 a 14 dias em um nível levemente superior à meta de consumo. O cocho pode ficar vazio por uns dias antes da próxima administração. No verão, quando o consumo geralmente cai, experimente misturar os minerais com o suplemento do inverno (consulte descrição abaixo). Caso não utilize esses suplementos, experimente juntar a mistura mineral à base de sal com farelo de semente de algodão ou casca de soja na proporção de 1 para 1. Lembre-se de dobrar a administração e monitorar o consumo. Essa proporção pode ser aumentada ou diminuída para controlar o consumo no nível ideal.

Blocos de Minerais

Na maioria das situações de pastejo, os blocos de sal enriquecidos com minerais não são capazes de suprir um teor suficiente de minerais para atender as necessidades nutricionais. Tais blocos à base de sal são duros e os bovinos não conseguem consumir o suficiente para atingir o nível necessário de suplementação mineral. Contudo, algumas situações de pastejo exigem esse tipo de suplementação. Quando o pecuarista não consegue administrar regularmente minerais ou suplementos fortificados, esses blocos de sal enriquecidos com minerais representam uma opção de suplementação a prazo, reduzindo, portanto, a possibilidade de deficiência mineral.

Suplementos enriquecidos com energia/proteína

Uma das estratégias mais eficazes de manejo na nutrição mineral de vacas de corte se refere à fortificação mineral de suplementos energéticos e/ou protéicos. Trata-se de uma estratégia simples que garante a administração de minerais a todos os animais regularmente. Isso pode ser feito com o enriquecimento de suplementos comuns com um mineral oferecido à vontade. Alguns criadores simplesmente fortificam o suplemento de inverno, voltando a administrar o produto oferecido *ad libitum* às vacas nos meses em que não são administrados suplementos. Essa estratégia é eficaz para diminuir a variabilidade do consumo do mineral oferecido à vontade e favorecer o acúmulo de minerais nos tecidos durante o período de suplementação no inverno. Os suplementos de inverno enriquecidos com minerais diminuem os problemas de baixo consumo mineral geralmente observado nessa época do ano com o uso de suplementos minerais à base de sal oferecidos *ad libitum*.

Na suplementação mineral é importante perceber que o gado *não* sabe o teor de minerais que precisa consumir. Todos nós já ouvimos afirmações do tipo “O gado não está consumindo mineral, então não deve estar precisando” ou “As vacas estão comendo quatro vezes mais que o nível normal; eu acho que elas estão realmente precisando”. Os bovinos possuem apenas a capacidade de consumir sal no nível de suas necessidades. Portanto, alterando-se a inclusão de sal nas misturas minerais, é possível tanto estimular como diminuir o consumo mineral. Lembre-se de que a maior parte do consumo mineral além das necessidades nutricionais do animal é excretado na urina e nas fezes. O sobreconsumo mineral pode ser uma ineficiência importante nos sistemas de produção de gado de corte. Em caso de sobreconsumo mineral, cogite em adicionar sal diretamente na mistura mineral. Quando o consumo mineral estiver normalizado, pare de administrar o sal adicional. *Não administre sal mineral e suplemento mineral separados*. Como os bovinos são atraídos apenas pelo sal, essa estratégia diminui o consumo mineral, podendo provocar um estado de deficiência.

V. MINERAIS ORGÂNICOS VERSUS INORGÂNICOS

Na última década, a introdução de minerais orgânicos avançou como “tendência atual”, sendo atualmente uma opção comum para inclusão em muitas formulações minerais para gado criado a pasto. Mineral orgânico é um termo genérico utilizado para descrever a condição, enquanto o sal inorgânico solúvel é fixado a um veículo ou fixador orgânico, em geral um aminoácido ou um peptídeo pequeno. Essa ação complexa pode ser feita de diferentes maneiras, sendo a maioria estabelecida e controlada pela American

Feed Control Officials¹. Em geral, o termo “mineral quelatado” é utilizado para descrever todas as fontes de minerais orgânicos. Trata-se de uma denominação equivocada, pois os quelatados são um tipo específico de minerais orgânicos. Entre as categorias de minerais orgânicos comuns se incluem: minerais aminoácidos complexos, minerais aminoácidos quelatados e proteínatos minerais.

Minerais orgânicos comuns:

Zinco	Possui maior confirmação científica como nutriente orgânico eficaz em suplementos minerais para bovinos.
Cobre	Segundo nutriente orgânico mais relevante. Provavelmente mais importante quando os níveis de molibdênio estão acima de 3 ppm.
Manganês	Não possui muita confirmação científica como mineral para ser usado isoladamente; porém, o manganês orgânico é geralmente encontrado em misturas minerais orgânicas de uso comercial.
Cromo	Atualmente não liberado nos EUA, mas comercializado em outras regiões do mundo. Os dados indicam que a suplementação de cromo orgânico pode ser eficaz em períodos de aumento de estresse.
Cobalto	Como o manganês, provavelmente é inútil para uso como mineral para ser usado isoladamente, mas geralmente encontrado em misturas minerais orgânicas de uso comercial.
Selênio	Recentemente, foi disponibilizada uma fonte orgânica de selênio. Isso decorre da cultura de levedura em ambiente desprovido de enxofre. O produto comercial é denominado levedura de selênio.

A teoria por trás dos benefícios dos minerais orgânicos se baseia no conceito de que muitos nutrientes minerais inorgânicos se ligam a um fixador orgânico, no intestino delgado, antes da absorção. Com a administração de uma fonte mineral já ligada a um fixador orgânico, pode-se aumentar a eficiência da absorção (biodisponibilidade). Além disso, pode haver muitos antagonismos entre minerais no aparelho digestivo antes da absorção. Esses antagonismos podem criar um composto de alto peso molecular que torna o mineral indisponível para absorção. Na “teoria dos minerais orgânicos”, essas interações antagônicas entre os minerais são menos prováveis, pois o mineral orgânico já está ligado a um veículo orgânico. Essa teoria possui claros indícios que a confirmam no caso de fontes de zinco orgânico e muito provavelmente também é verdade no caso do cobre orgânico.

Entre as áreas de produção em que os minerais demonstraram ser fatores importantes se incluem: 1) reprodução, 2) ganho de peso em bezerros, 3) função imune e 4) integridade dos cascos.

Não há pesquisas conclusivas que confirmam os benefícios da inclusão de minerais orgânicos nos suplementos para bovinos criados a pasto. Embora alguns estudos mostrem algum benefício na suplementação mineral orgânica, muitos não o fazem. Por conseguinte, é importante avaliar cuidadosamente o atual programa de nutrição mineral, levando-se em conta os aspectos econômicos frente às melhoras potenciais no desempenho das vacas e dos bezerros. Por exemplo, a suplementação mineral orgânica pode ser economicamente benéfica, quando formulada com suplementos destinados a animais com necessidades nutricionais específicas, tais como novilhas em crescimento, touros reprodutores, rebanhos de alta produção e bezerros sob estresse. Em outros casos, os minerais inorgânicos também podem ser eficazes em atingir o mesmo nível de produção final.

Uso benéfico dos minerais orgânicos

Neste trabalho de revisão, vou citar três exemplos de pesquisas que identificaram um uso benéfico de minerais orgânicos na nutrição de gado de corte. Cada um dos exemplos mostra uma aplicação diferente dessas tecnologias. Todos os trabalhos foram realizados e publicados por nosso grupo de estudo, mas certamente não representa todos os esforços de pesquisa nesse campo da ciência.

¹ I AAFCO é uma organização cujo principal objetivo é fornecer um mecanismo de desenvolvimento e implementação de leis, normas e padrões uniformes e equitativos, além de políticas de execução para regulamentação da produção, distribuição e comercialização de ração animal nos EUA.

Exemplo #1 Desenvolvimento de touros com um ano de idade

Touros em crescimento apresentam uma necessidade de zinco já identificada para o desenvolvimento adequado dos testículos e a posterior espermatogênese. O estudo de campo a seguir avaliou o efeito do nível e da fonte de zinco em dietas para touros em crescimento sobre as medidas posteriores da fertilidade. As medidas de crescimento, maturidade sexual e fertilidade foram comparadas às de touros que receberam suplemento com zinco inorgânico (sulfato de zinco) na dosagem de 40 e 60 ppm da dieta total ou uma combinação de zinco orgânico (proteinato) e sulfato de zinco na dosagem de 40 ppm.

Os touros Angus (n = 325) foram classificados de acordo com o peso corporal e alocados em 6 piquetes do mesmo tamanho. Todos os touros no teste eram originários de uma mesma fazenda e base genética. Um dos três tratamentos (2 piquetes/tratamento) foi formulado para suprir os níveis de zinco estabelecidos como meta na dieta; 1) nível de 40 ppm, sendo todos supridos pelo sulfato de zinco (ZnS), 2) nível de 40 ppm, sendo 33,3% supridos pelo proteinato de zinco e 66,6% pelo ZnS (ZnPS), ou 3) nível de 60 ppm, sendo todos supridos pelo ZnS (ZnHi).

O sêmen dos touros destinados para comercialização (n=167) foi coletado por eletroejaculação e avaliado para verificar a ocorrência de anormalidades. Os touros com contagens normais de células espermáticas < 70% ou com escores de motilidade < satisfatório (escores de motilidade = baixo, satisfatório, bom, muito bom) foram enquadrados em classificação prorrogada, sendo submetidos a novos testes após a conclusão do experimento.

Os resultados desse estudo são apresentados no Quadro 4. Após 126 dias de tratamento, o grupo de touros com ZnHi apresentaram um maior aumento da concentração de zinco no fígado em comparação aos do grupo ZnS, mas não aos do grupo ZnPS. Não foram observadas diferenças no ganho de peso médio nem alteração na circunferência escrotal. Os touros que receberam a combinação de sulfato com proteinato de zinco (40 ppm) apresentaram maior percentual de células espermáticas normais na ejaculação em comparação aos do grupo ZnS, mas não aos do tratamento com ZnHi. Entre os touros que receberam a combinação de sulfato com proteinato de zinco (40 ppm) ou o maior nível de sulfato de zinco (60 ppm) foi menor o número de animais cuja classificação foi prorrogada em comparação aos do grupo ZnS. Em todas as medidas de fertilidade registradas neste experimento, os touros que receberam a combinação de proteinato com sulfato de zinco na dosagem de 40 ppm tiveram a maior classificação, seguidos dos animais do grupo que recebeu 60 ppm de sulfato de zinco e por fim do grupo com 40 ppm de sulfato de Zn.

Quadro 4. Efeito do nível e da fonte de zinco nas medidas de fertilidade em touros Angus com um ano de idade

Item	Tratamento ^c		
	ZnS	ZnPS	ZnHi
Alteração na circunferência escrotal, cm	8,6	9,3	9,1
Alteração na concentração de zinco no fígado, ppm	-9,8	1,2	20,6
No. de células espermáticas normais na ejaculação, %	55,8 ^a	68,9 ^b	62,5 ^{ab}
Touros com classificação prorrogada ^d , %	77,6 ^a	51,5 ^d	58,8 ^d

^{ab}Médias com letras sobrescritas na mesma linha diferem entre si (P < 0,05).

^cZnS = sulfato de zinco, nível de 40 ppm na dieta; ZnPS = sulfato (2/3) e proteinato (1/3) de zinco, nível de 40 ppm; ZnHi = sulfato de zinco, nível de 60 ppm na dieta.

^dOs touros com contagens de células espermáticas normais < 70% ou com escores de motilidade < satisfatório (escores de motilidade = baixo, satisfatório, bom, muito bom) tiveram a classificação prorrogada, sendo submetidos a novos testes após a conclusão do experimento.

Esses dados confirmam a importância do zinco na fertilidade dos touros. Ademais, parece que o uso de zinco orgânico em dietas para touros em crescimento pode melhorar as medidas posteriores de fertilidade. Entretanto, quando comparado com o zinco inorgânico num nível mais alto, é menor o grau dessa melhora na fertilidade. Porém, em termos de touros em crescimento, parece provável que o nível recomendado de 30 ppm na dieta (NRC, 1996) seja muito baixo.

Exemplo #2 Fertilidade em vacas de corte jovens x adultas

Foram utilizadas vacas Braford (n = 160) para avaliação dos efeitos das fontes de minerais e do método de administração na dieta sobre a produtividade do rebanho durante 3 anos. No ano 1, as vacas foram agrupadas de acordo com a idade e alocadas aleatoriamente em um dos oito grupos (n = 20 vacas/grupo). As vacas foram alocadas em 8 de 16 pastos de “bahagrass” (gramínea *Paspalum notatum*) (8 hectares cada, com um pasto vazio entre os grupos) e rotacionadas semanalmente. Os grupos de vacas permaneceram iguais durante todo o estudo, com exceção das vacas descartadas, que foram substituídas por novilhas prenhes de 3 anos de idade. As vacas receberam um dos dois tratamentos, variando a fonte de mineral (Cu, Zn, Mn, e Co), que foram: 1) forma inorgânica ou 2) forma orgânica. Os parâmetros avaliados foram: peso vivo das vacas, escore da condição corporal, taxa de prenhez e intervalo entre partos. A fonte de mineral não afetou o peso vivo das vacas, nem o escore de condição corporal. Os resultados desse estudo são descritos no Quadro 5. As vacas jovens (3 e 4 anos de idade) que consumiram os minerais orgânicos apresentaram maior taxa de prenhez no ano 2 ($P < 0,05$) e 3 ($P = 0,15$) e menor intervalo entre partos ($P < 0,05$) no ano 1 e 3, em comparação às que consumiram os minerais inorgânicos. A suplementação de minerais orgânicos (Cu, Zn, Mn e Co) parece aumentar o desempenho reprodutivo das vacas de corte Braford jovens criadas a pasto, mas não das adultas que consumiram suplementos à base de melaço.

Quadro 5. Efeito da fonte mineral no intervalo pós-parto e na taxa de prenhez em vacas Braford criadas a pasto^a

Produto	Ano 1		Ano 2		Ano 3	
	Jovem ^b	Adulta	Jovem ^b	Adulta	Jovem ^b	Adulta
	Intervalo pós-parto, dias					
Orgânico ^c	355 ^d	341	363	359	374 ^d	374
Inorgânico ^c	374 ^e	337	367	366	400 ^e	360
EP ²	2,0	2,0	4,5	4,5	4,2	4,2
	Taxa de prenhez, % (= n)					
Orgânico ^c	75	86	89 ^d	91	88 ^f	98
Inorgânico ^c	76	95	57 ^e	95	65 ^g	92

^a Prenhez determinada pelo exame de palpação retal e taxa calculada com o uso das fêmeas em lactação apenas.

^b As vacas jovens têm de 3 a 4 anos de idade e as adultas são todas as com idade > 4 anos.

^c O teor de mineral nas formulações inorgânicas e orgânicas e nos melaços são mostrados no Quadro 1 e 2.

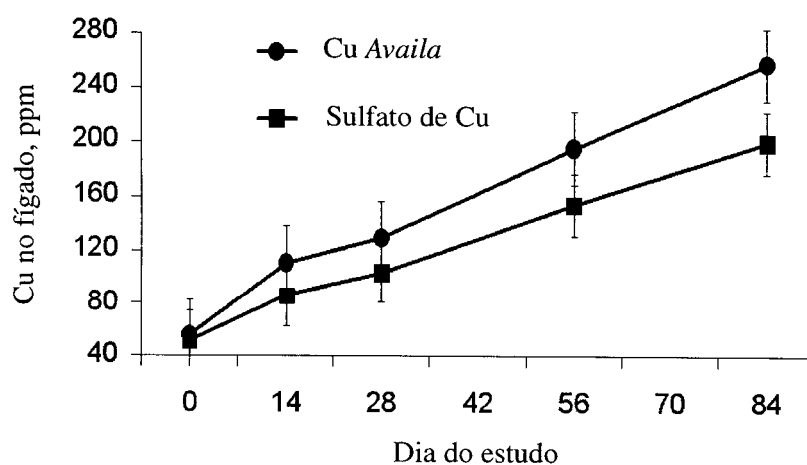
^{d,e} Médias com letras sobrescritas diferentes no mesmo ano diferem, $P = 0,02$.

^{f,g} Médias com letras sobrescritas diferentes no mesmo ano tendem a diferir, $P = 0,15$.

Exemplo #3 Reposição de cobre em novilhas Brangus com deficiência no pós-parto

Foram utilizadas 37 novilhas com deficiência de cobre provenientes de uma fazenda de gado de corte comercial no estado da Flórida. Essas novilhas foram diagnosticadas com deficiência grave de cobre por coleta e análise de amostras de biópsia do fígado. O motivo da deficiência estava ligado ao consumo de pastagens ricas em enxofre fertilizadas com sulfato de amônio. As novilhas foram transferidas para outro local que continha concentrações moderadas de enxofre nas forragens dos pastos e receberam suplemento com cobre (123 mg/dia) de duas fontes: inorgânica (sulfato de cobre; $n = 12$) ou orgânica (cobre *Availa*; $n = 15$). Os tratamentos foram administrados por 83 dias. Os níveis de cobre no sangue aumentaram com o decorrer do tempo em todas as novilhas, qualquer que fosse o tratamento; porém, as novilhas que receberam suplemento com Cu *Availa* apresentaram tendência a reabastecer as reservas de cobre no fígado mais rápido ($P=0,09$), atingindo uma concentração média de Cu no fígado maior do que nas novilhas que receberam sulfato de cobre (Figura 3).

Figura 3. Efeito da fonte de cobre na taxa e no grau de reposição do cobre no fígado em novilhas Brangus



Na inclusão de minerais orgânicos em um programa alimentar *ad libitum*, é especialmente importante monitorar o consumo. O controle do consumo é melhor realizado com a administração de uma quantidade medida de minerais a cada duas semanas. Como a maioria dos minerais pode ser armazenada no corpo por períodos curtos de tempo, é perfeitamente suportável que os cochos fiquem vazios nos últimos dias desse intervalo de duas semanas. Essa estratégia ajuda a prevenir o sobreconsumo e o aumento dos custos anuais com minerais por vaca.

Os minerais orgânicos não são rentáveis em todas as situações. Contudo, como as práticas de produção continuam a se concentrar mais na eficiência e no desempenho total, os avanços na suplementação mineral podem fornecer ferramentas valiosas para inclusão em nossas estratégias de manejo.

VI. ANÁLISE DO STATUS MINERAL DOS REBANHOS

Em caso de suspeita de deficiência mineral, o pecuarista pode querer fazer uma avaliação do status mineral do rebanho. Com as atuais tecnologias, essa tarefa é bem simples e econômica em termos de benefícios. Devem ser analisados os passos listados abaixo ao se tentar avaliar o status mineral do rebanho e a eficiência do programa de suplementação mineral.

A. Excluir outros fatores de influência

O primeiro passo para identificação das deficiências minerais é tentar excluir outros fatores que contribuem diretamente para essa situação. Por exemplo, se o escore médio de condição corporal for inferior a 4.5, são maiores as chances de diminuição do desempenho reprodutivo e/ou da função imune como resultado da deficiência de energia/proteína *versus* de minerais. Avalie também a base do atual programa de suplementação. O produto oferece um perfil balanceado de minerais com ingredientes de qualidade? Os bovinos estão recebendo constantemente mineral fresco e seco? Os animais estão consumindo os minerais na dosagem correta?

B. Concentrações de minerais nas forragens

O gado criado a pasto consome forragem de forma seletiva com 25 a 30% mais proteína bruta do que cortes feitos manualmente na mesma pastagem. Em um estudo de campo, tentamos coletar a mesma forragem consumida por garrotes criados a pasto. Antes do pastejo nas áreas controladas, esvaziamos o conteúdo ruminal de 4 garrotes com uma cânula. Nos períodos de pastejo, tentamos cortar a forragem que os garrotes estavam consumindo. Em seguida, o rúmen de cada um dos animais foi novamente esvaziado e a forragem consumida, enxaguada com água. Embora tenhamos tentado cortar exatamente a forragem sendo consumida, os garrotes escolheram forragem com maior teor de proteína (30%), cálcio (52.6%) e fósforo (36,8%), em comparação às amostras colhidas manualmente. Porém, não foram observadas diferenças no teor de minerais entre a forragem escolhida pelos garrotes e a cortada manualmente (Quadro 6), o que indica que as amostras de forragem cortadas manualmente refletem bem o nível de minerais na forragem escolhida pelos animais.

Quadro 6. Comparação do teor de minerais entre amostras cortadas manualmente e de forragem pastejada^a

Método de coleta	Ferro	Cobre	Zinco	Manganês
Escolhida pelos garrotes	152,7	10,7	20,4	11,3
Cortada manualmente	154,8	11,5	19,5	12,8

^aOs resultados são expressos como o teor médio de minerais em análises triplicadas; todos os resultados são expressos em mg/kg de MS.

Ao coletar amostras de forragem para análise do teor de minerais, é importante que a coleta seja feita em áreas onde os animais estejam pastejando (escolhendo). Não colete amostras em áreas com forragens não pastejadas e tome cuidado para não contaminá-las com ervas daninhas ou sujeira. Antes da coleta, escolha o laboratório onde serão feitos os testes para verificar os níveis de minerais nas forragens. Muitos laboratórios oferecem pacotes de análises para um grupo de minerais por US\$15 a US\$30 por amostra. O laboratório orienta sobre como fazer a coleta, o manuseio e o envio. É importante fazer teste para verificar o teor de cobre, zinco, selênio, cobalto e manganês. Também é importante pensar em incluir os minerais antagonistas,

que podem interferir na absorção normal de outros minerais. Três antagonistas geralmente identificados em forragens são o molibdênio, o ferro e o enxofre.

C. Status mineral dos rebanhos

Em geral, é possível definir um plano de ação sensato, que trata dos pontos mencionados no item 1 e 2. Entretanto, em muitos casos pode ser importante explorar ainda mais uma potencial deficiência mineral pela análise do sangue e/ou do status mineral no fígado do animal. No caso de dois dos minerais cujas deficiências são as mais comuns, o cobre e o selênio, as amostras de fígado são o indicador mais confiável das reservas no animal. As amostras de sangue não são uma estratégia confiável para mensurar esses elementos, a menos que os bovinos estejam com grande deficiência. As modernas técnicas laboratoriais permitem o uso de amostras muito pequenas de tecidos para análise de inúmeros minerais. A atual técnica de coleta para biópsia do fígado é simples, causando muito pouco estresse aos animais. O Quadro 7 mostra um resumo dos indicadores comuns do status mineral em bovinos. Não são especificados os valores reais, que variam de acordo com a técnica laboratorial, o teor de umidade da amostra e os processos de sua preparação. É importante conhecer o laboratório de diagnóstico antes da coleta das amostras para receber informações sobre como manuseá-las e enviá-las para análise. O laboratório também precisa informar as variações da zona de deficiência para a de suficiência nas amostras e minerais testados.

Quadro 7. Indicadores do status mineral

Mineral	Indicador
Cobre	O fígado é o melhor indicador. O sangue é um indicador muito ruim, não devendo ser utilizado. Pode-se utilizar a atividade da enzima ceruloplasmina, mas em animais estressados o resultado pode ser duvidoso
Zinco	O status do zinco é difícil de verificar em animais vivos. O fígado é um indicador relativamente ruim. O plasma e o soro são os mais utilizados, mas são confiáveis apenas no que se refere a consumo muito recente na dieta. A diminuição do consumo de alimentos é um indicador comum do status do zinco.
Selênio	O fígado é o melhor indicador. O sangue inteiro é um bom indicador e melhor do que o plasma ou o soro. A atividade da enzima glutathione peroxidase nas hemácias é um indicador que varia de satisfatório a bom.
Manganês	Como o zinco, o manganês também é difícil de verificar em animais vivos. O plasma e o soro do sangue são indicadores ruins, ambos representando a concentração de manganês da refeição mais recente. Os níveis de manganês no fígado e nos pêlos são indicadores satisfatórios de deficiência e toxicidade, respectivamente.
Iodo	A presença de bócio é um indicador importante de grave deficiência de iodo. É difícil o diagnóstico de deficiência subclínica de iodo. Alguns relatos indicam que as concentrações de iodo no leite podem ser de alguma ajuda.
Ferro	A concentração de hemoglobina no sangue é um bom indicador do status de ferro. O nível de ferro no fígado também é um bom indicador.
Cobalto	Em ruminantes, o cobalto funcional aparece na forma da vitamina B12. Portanto, as concentrações de vitamina B12 no sangue e nos tecidos são um bom indicador do status de cobalto em ruminantes. Os níveis de cobalto no fígado são indicadores satisfatórios do status de Co.

VII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS E INFORMAÇÕES ADICIONAIS

Antagonismos entre Minerais

- Gengelbach, G. P., J. D. Ward, and J. W. Spears. 1997. Effect of dietary copper, iron, and molybdenum on growth and copper status of beef cows and calves. *J. Anim. Sci.* 72:2722-2727.
- Phillippo, M., W. R. Humphries, and P. H. Garthwaite. 1987a. The effect of dietary molybdenum and iron on copper status and growth in cattle. *J. Agric. Sci. Camb.* 109:315-320.
- Phillippo, M., W. R. Humphries, T. Atkinson, G. D. Henderson, and P. H. Garthwaite. 1987b. The effect of dietary molybdenum and iron on copper status, puberty, fertility and oestrous cycles in cattle. *J. Agric. Sci. Camb.* 109:321-336.
- Suttle, N. F. 1974. Effects of organic and inorganic sulphur on the availability of dietary copper to sheep. *Br. J. Nutr.* 32:559-568.

Estudos sobre Minerais Orgânicos

- Arthington, J.D., and C.K. Swenson. 2004. Effects of trace mineral source and feeding method on the productivity of grazing Braford cows. *Prof. Anim. Sci.* (Accepted).
- Arthington, J.D., L.R. Corah, and D.A. Hill. 2002. Case Study: The effect of dietary zinc level and source on yearling bull growth and fertility. *Prof. Anim. Sci.* 18:282-285.
- Arthington, J.D., J.E. Rechcigl, G.P. Yost, L.R. McDowell, and M.D. Fanning. 2002. Effect of ammonium sulfate fertilization on bahiagrass quality and copper metabolism in grazing beef cattle. *J. Anim. Sci.* 80:2507-2512.

Leitura Adicional

Dois compêndios com revisões recentes também dão uma boa visão geral sobre esse tema:

1. McDowell, L. R. 1992. *Minerals in Animal and Human Nutrition*. (Ed.) T. J. Cunha. Academic Press, Inc. New York.
2. Underwood, E. J., and N. F. Suttle. 2001. *The Mineral Nutrition of Livestock – 3rd Ed.* CABI Publishing. New York.