

MINERAIS: IMPORTÂNCIA DE USO NA DIETA DE RUMINANTES

Antonio Francisco de Mendonça Júnior

Doutorando do Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco-UFRPE, Recife, PE
E-mail: agromendoncajr@yahoo.com.br * Autor para Correspondência

Alexandre Paula Braga

Prof. D.Sc. Departamento de Ciências Animais da Universidade Federal Rural do Semi-Árido-UFERSA, Mossoró, RN
E-mail: apbraga@ufersa.edu.br

Ana Paula Medeiros dos Santos Rodrigues

Mestranda do Programa Pós-graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido-UFERSA, Mossoró, RN
E-mail: anapaulamsr@hotmail.com

Liliane Elzi Medeiros de Sales

Mestranda do Programa Pós-graduação em Produção Animal da Universidade Federal Rural do Semi-Árido-UFERSA, Mossoró, RN
E-mail: liliete@hotmail.com

Hélida Campos de Mesquita

Mestranda do Programa Pós-graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido-UFERSA, Mossoró, RN
E-mail: helida_campos25@yahoo.com.br

RESUMO - Grande quantidade dos animais de produção consomem dietas que não correspondem as suas exigências em relação os minerais. Os alimentos mais comumente utilizados por esses animais contêm proporções desequilibradas, com deficiência ou excesso desses elementos, provocando sérios distúrbios metabólicos. Neste sentido as formas de suplementação mineral são pontos de destaque no cenário produtivo atual, com estratégias adotadas para melhor atender as exigências de minerais dos animais ruminantes, que necessitam desses elementos para realização de diversos processos biológicos e máximo desempenho produtivo. O escopo desta revisão foi caracterizar os minerais quanto a sua classificação, função, utilização e disponibilidade, destacando sua importância na saúde e produtividade de animais ruminantes, relacionando a absorção desses elementos com a qualidade do alimento consumido, e as características intrínsecas e extrínsecas do animal e seu meio.

Palavras-chave: absorção de quelatos, biodisponibilidade, exigência nutricional, suplementação

MINERALS: THE IMPORTANCE OF DIETARY USE OF RUMINANTS

ABSTRACT - Many farm animals consume diets that do not match their requirements in relation to minerals. The feed most commonly consumed by these animals contain unbalanced proportions with deficiency or excess of these elements, causing serious metabolic disorders. In this sense the forms of mineral supplements are highlighted in the current production scenario, with the strategies adopted to better meet the requirements of minerals of ruminant animals that need these elements to perform various biological processes and maximum production performance. The scope of this review was to characterize the mineral and its classification, function, use and availability, highlighting its importance in health and productivity of ruminant animals the absorption of these elements relating to the quality of food consumed, and the intrinsic and extrinsic characteristics of the animal and their environment.

Keywords: bioavailability, chelate absorption, nutritional requirement, supplementation

INTRODUÇÃO

Há muito se acreditava que os animais deveriam ser alimentados por apenas três nutrientes ativos: proteínas, carboidratos e lipídeos. Contudo, com o avanço das pesquisas em produção animal, foi se verificando que as exigências nutricionais aumentavam, e com isso a necessidade de outros nutrientes, que teriam funções vitais no organismo para mantê-lo hábil. Em consequência as pesquisas passaram a dar a devida atenção a outros

compostos essenciais, como as vitaminas, aminoácidos, ácidos graxos e substâncias minerais e suas formas de suplementação.

Os minerais estão envolvidos em quase todas as vias metabólicas do organismo animal, com funções importantes na *performance* reprodutiva, na manutenção do crescimento, no metabolismo energético, na função imune entre outras tantas funções fisiológicas, não só para a manutenção da vida, como também para o aumento da produtividade animal (LAMB et al., 2008; WILDE, 2006).

Contudo os minerais nem sempre são encontrados em quantidades desejáveis nos alimentos, não sendo suficiente para a máxima resposta animal, havendo a necessidade de uma suplementação para compensar essa deficiência (PEIXOTO et al., 2005; TOKARNIA et al., 2000).

Estratégias devem ser adotadas para melhor atender os requerimentos de minerais dos animais que, quando não supridos, poderão causar diversas alterações metabólicas, diretamente relacionadas ao desempenho produtivo desses animais (PEDREIRA & BERCHIELLI, 2006). No âmbito das espécies, estudos relacionados a requerimentos minerais de caprinos têm sido considerado secundário quando comparados com ovinos e bovinos, não acompanhando assim, o avanço das pesquisas em nutrição mineral (MESCHY, 2000).

Seguindo a mesma tendência, ainda não foi definida através de pesquisas a forma mais eficaz e econômica de como suplementar com minerais. Quando confinados os animais recebem o suplemento mineral requerido, incorporado a alimentos concentrados. Todavia quando submetidos ao manejo a pasto isso nem sempre é possível, pois o uso de concentrados onera de forma significativa a produção, sendo o suplemento mineral deixado a livre escolha “free-choice” do rebanho, não suprimindo adequadamente as exigências deste (McDOWELL, 1996).

A falta de um controle rigoroso no fornecimento dos elementos minerais é responsável pela baixa produção de carne e leite, problemas reprodutivos, crescimento retardado, abortos, fraturas e queda da resistência orgânica. Tanto a deficiência severa, acompanhada por taxas de elevada mortalidade, como as deficiências subclínicas, cujos sintomas não são perceptíveis clinicamente, podem levar a perdas consideráveis na produtividade (MORAIS, 2001).

Atualmente, os enfoques das pesquisas que objetivam determinar as exigências de minerais nos animais visam a redução dos níveis desses elementos na dieta, com o intuito de diminuir os custos de produção e também a excreção de elementos inorgânicos para a meio ambiente sem, no entanto, afetar o desempenho animal. A nutrição animal tem ido muito além, pois diversas pesquisas têm sido realizadas com intuito de se avaliar a inter-relação entre minerais e seus efeitos através do balanço de minerais nos animais, dependendo da dieta oferecida (SANTOS, 2008; ARAÚJO, 2009).

Objetivou-se com esta revisão discorrer sobre esses elementos minerais, desde sua classificação até suas funções e utilização, expondo de maneira mais objetiva sua importância na saúde e produtividade de animais ruminantes. Haja vista o paradoxo que envolve o tema, em que o sólido conhecimento literário não minimiza os equívocos relacionados ao uso inadequado desses elementos, provocando sobremaneira, risco de perdas econômicas.

REVISÃO DE LITERATURA

1. Fontes de minerais para ruminantes

1.1. Alimento

A concentração de minerais nas plantas forrageiras é bastante variável, pois dependem do gênero, espécie e variedade; época do ano (sazonalidade durante o crescimento da planta); condições climáticas do local; da quantidade do elemento no solo; do tipo de solo e suas condições, como pH e umidade, pois afetam a disponibilidade de absorção da planta; e por fim o estágio de maturidade da mesma. Já a disponibilidade dos minerais nas plantas é afetada pela presença de ácido fítico e oxálico encontrado nas membranas celulares celulósicas (HERRICK, 1993). Os minerais obtidos pelos ruminantes são em sua totalidade inerentes da ingestão de alimentos, visto que, os ruminantes não sintetizam elementos minerais.

1.2. Água

Embora a água não seja uma importante fonte de minerais, todos os elementos essenciais nela são detectados. Alguns minerais podem ocorrer em maior quantidade na água dependendo da região, como, águas calcárias que possuem elevados níveis de cálcio que pode interferir na absorção de fósforo e zinco. Águas salobras com elevados concentrações de sódio diminuem por sua vez o consumo de mistura mineral, ocasionando consequente deficiência mineral. Em aquíferos profundos observa-se substancial concentração de enxofre, o qual promove indubitavelmente deficiência de cobre.

1.3. Solo

Animais ruminantes também podem ingerir minerais através do solo, seja acidentalmente, ou por uma deficiência mineral, alotrofia e osteofagia, caracterizada por uma perversão do apetite, que induz a ingestão de materiais estranhos à sua dieta normal. De acordo com McDowell (1999), a ingestão acidental de solo pode chegar a 20% da matéria seca, sendo favorecido quando os solos possuem uma estrutura fraca e drenagem pobre, elevada carga animal ou durante a época seca, quando os pastos apresentam baixo crescimento. Esta ingestão de solo pode ocasionar deficiência de Cu devido elevada ingestão de Mo e Zn presentes no solo e outros antagonistas do Cu (McDOWELL, 1999).

A ingestão de solo também pode acarretar contaminação dos animais por microrganismos como, *Clostridium botulinum*, microrganismo anaeróbio esporulado e putrefativo encontrado frequentemente no solo, na água e no trato digestivo de diversas espécies animais (DÖBEREINER & DUTRA, 2004).

2. Classificação dos minerais

De acordo com Georgievskii et al. (1982) os minerais são classificados baseando-se nos seguintes critérios:

2.1. Localização no tecido de órgão específico

Neste critério é considerada a especificidade dos minerais, para os órgãos e tecidos. Sendo, aqueles que estão localizados no tecido ósseo; no sistema retículo endotelial; e aqueles uniformemente distribuídos nos tecidos.

2.2. Concentração no organismo

Baseada no critério quantitativo, subdividindo os minerais em três classes, de acordo com a sua concentração no organismo animal. Sendo, macro e microminerais. Esta classificação, por sua vez, não considera o papel de cada elemento no organismo animal, e o conteúdo de certos minerais no organismo, visto que, estes podem apresentar consideráveis variações, dependendo do “habitat” dos animais, do tipo de alimentação e da espécie animal.

Cerca de 50 minerais contidos no organismo, somente 15 são indispensáveis aos processos metabólicos e por esta razão devem estar presentes na alimentação: Ca, P, Mg, K, Na, Cl, S, Fe, Mn, Cu, I, Co, Zn, Se e Mo. Os primeiros 7 elementos são denominados de macrominerais, pois são necessários aos animais em quantidades maiores. Os últimos oito são denominados microminerais, porque são necessários aos animais em pequenas quantidades (TOKARNIA et al., 2000).

2.3. Significado nas funções vitais do organismo

Esta classificação adentra o campo da fisiologia, bioquímica e nutrição animal. Os minerais são encontrados no organismo agrupados em três classes:

2.3.1. Minerais essenciais

- a) Presente em concentrações aproximadamente constantes nos tecidos saudáveis dos animais;
- b) Deficiência em dietas balanceadas resulta em anormalidades estruturais e/ou fisiológicas reproduzíveis;
- c) A adição em dietas específicas evita ou recupera as anormalidades estruturais e/ou fisiológicas;
- d) As anormalidades induzidas por deficiências minerais devem ser acompanhadas por alterações bioquímicas específicas, sendo prevenidas ou revertidas com a remoção da deficiência.

2.3.2. Minerais não essenciais

- a) Encontrados em proporções apreciáveis no corpo animal sem papel metabólico;
- b) Presença acidental nos alimentos consumidos (alumínio, antimônio, bismuto, boro, chumbo, germânio, mercúrio, ouro, prata, rubídio e titânio).

2.3.3. Minerais potencialmente tóxicos

- a) Todos, dependendo da quantidade e período de consumo;
- b) Variação nas quantidades tóxicas conforme o elemento, composto químico, espécie e idade do animal que o consome;
- c) Ocorrência natural ou contaminação nos alimentos, água e ar.

Do ponto de vista da produção animal, essa última classificação é considerada mais importante, pois é a partir dela que se determinam as exigências de minerais para os animais.

Os minerais estão distribuídos de maneira uniforme pelo corpo, onde eles existem em uma variedade de combinações e características funcionais. Estes precisam ser mantidos dentro de estreitos limites para que a integridade funcional e estrutural dos tecidos possa ser mantida em segurança, com vistas a otimização da saúde e produção.

3. Função dos minerais

Os elementos minerais podem exercer quatro funções no organismo animal, conforme descreve Underwood & Suttle (1999). Apesar desta separação, cada função não é exclusiva de um determinado elemento mineral, de forma que, um único mineral pode exercer mais de uma função específica assim como diversos minerais podem exercer uma única função quando em interação no organismo animal (Tabelas 1; 2).

3.1. Estrutural: Compõem estruturas nos órgãos e tecidos do corpo. Por exemplo, Ca, P, Mg, F e Si nos ossos e dentes e P e S nas proteínas do músculo. Zn e P contribuem com a estabilidade estrutural de moléculas e membranas das quais fazem parte;

3.2. Fisiológica: Ocorrem nos fluidos e tecidos como eletrólitos e estão envolvidos com a manutenção da pressão osmótica, do balanço ácido-básico, da permeabilidade de membranas e irritabilidade dos tecidos. Exemplo: Na, K, Cl, Ca, e Mg no sangue, fluido cefaloespinal e suco gástrico;

3.3. Catalítica: Agem como catalisadores nos sistemas enzimáticos e hormonais, como componentes da estrutura de metalproteínas ou como ativador do sistema;

3.4. Reguladora: Recentemente, tem-se verificado ação reguladora dos minerais na replicação e diferenciação celular. Ca, por exemplo, influencia o sinal de transdução e o Zn na transcrição durante o mecanismo de síntese proteica no organismo animal.

Tabela 1. Funções metabólicas mais importantes dos macrominerais

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

Fonte: Adaptado de González (2000).

Tabela 2. Funções metabólicas mais importantes dos microminerais

Mineral	C. no organismo (ppm)	Função
Fe	80	Transporte e armazenamento de O ₂ , (hemoglobina e mioglobina), transporte de elétrons, componente de enzimas (catalase, triptofano 5-monooxigenase, fenilalanina 4-monooxigenase, aconitase)
Zn	30	Componente de mais de 70 enzimas (álcool desidrogenase, DNA polimerase, RNA polimerase, anidrase carbônica, carboxipeptidase, piruvato desidrogenase), expressão gênica, estabilidade das membranas
Cu	3,0	Componente de enzimas (lisil-oxidase, tirosinase, citocromo oxidase, superóxido dismutase), participa da hematopoiese por favorecer a absorção de Fe, mineralização dos ossos, formação e integridade do SNC e manutenção do miocárdio
I	0,4	Componente dos hormônios tireoidianos (tiroxina e mono, di e tri-iodotironina)
Mn	0,3	Componente de enzimas (piruvato, carboxilase, arginase, superóxido dismutase mitocondrial), ativador enzimático (glicosil transferase)
Co	0,2	Componente da vitamina B12
Mo	1-4	Componente de enzimas (xantina oxidase, sulfito oxidase, aldeído oxidase)
Se	0,02	Componente de enzimas (glutation peroxidase, iodotironina deiodase tipo I)

Fonte: Adaptado de González (2000).

4. Importância dos minerais para ruminantes

4.1. Microflora do rúmen

Interação dos minerais com a microflora simbiótica do trato gastrointestinal. Com relação aos ruminantes observa-se o seguinte:

4.1.1. Minerais são necessários, tanto para o organismo animal, quanto para os microrganismos.

K: Essencial para o crescimento de certas espécies de microrganismos;

P: Essencial para os processos energéticos e reprodutivos da célula;

Mg, Fe, Zn e Mo: Ativadores de enzimas bacterianas.

4.1.2. Essencial, principalmente ou exclusivamente para os microrganismos que produzem os metabólitos requeridos pelo organismo animal.

Co: Supre as necessidades de determinados grupos de bactérias produtoras da vitamina B₁₂.

4.1.3. Essencial tanto para o animal como para seu hospedeiro,

sendo preferencialmente assimilado pelos microrganismos, na forma do fornecimento. S Inorgânico: Digestão da celulose, assimilação do nitrogênio não proteico e síntese das vitaminas do complexo B.

4.1.4. Outros elementos minerais são essenciais nos processos metabólicos do organismo animal, além de participarem da criação de um meio ótimo para suporte dos microrganismos. Estes elementos são: K, Na, Cl, e o P, no compartimento estomacal dos ruminantes, que é um sistema biológico fechado, mantendo seu meio interno constante, em virtude da ação tampão, pressão osmótica, concentração relativa de íons (PEDREIRA & BERCHIELLI, 2006).

5. Deficiências de minerais

Com vistas nas funções dos macro e microminerais, acredita-se que toda deficiência mineral capaz de produzir alterações na saúde e no metabolismo do animal, tende a interferir também, no desempenho produtivo e reprodutivo. Contudo, a literatura não evidencia para os macrominerais cálcio, magnésio,

sódio, cloro, potássio e enxofre, envolvimento direto na reprodução animal. Os eventuais efeitos sobre o desempenho reprodutivo dos animais seriam, portanto, indiretos, através do comprometimento da saúde ou do metabolismo do animal (Tabela 3).

Tabela 3. Doenças causadas pela deficiência de minerais

Elementos	Doenças por Deficiência
Ca, P	Raquitismo; Osteomalácia; Abortos; Natimortos; Baixa produção de leite
P	Atraso da puberdade e estro pós-parto; Moderada à baixa taxa de concepção; Nascimento de fetos fracos ou mortos
Mg	Tetania
Fe, Cu	Anemia
Cu	Sintomas cardíacos; Coloração dos pelos; Formação de lã Atraso no estro e baixa taxa de concepção; Aborto ou mumificação do feto.
Mn	Cio silencioso; Estro irregular; Infertilidade; Abortos; Redução na motilidade dos SPTZ; Nascimento de animais deformados.
Se	Retenção de placenta
Co	Baixa taxa de concepção

5.1. Ca: A deficiência de Ca pode ocorrer em animais ruminantes quando alimentados basicamente por concentrados, assim, animais submetidos a regime de campo dificilmente apresentarão tal problema. Por mais pobres em Ca que sejam as pastagens, os bovinos sempre recebem quantidades suficientes de Ca através delas. Visto que, a maioria das plantas contém maiores concentrações de Ca que de P; solos carentes em Ca são menos comuns que em P e; níveis de Ca não diminuem com a maturação das plantas, assim como o P.

5.2. P: O fósforo é fundamental para os ruminantes, e sua deficiência se dá principalmente naqueles animais mantidos em regime de campo. No mundo podem-se encontrar extensas áreas deficientes neste mineral. Não há dúvida que essa deficiência é o distúrbio mineral mais comum, é também a de maior importância econômica, em virtude dos grandes prejuízos que causa aos rebanhos e do elevado custo de sua suplementação.

Há muito, que ao P tem sido atribuída uma função específica sobre a fertilidade dos bovinos. McDowell & Conrad (1977) relataram que em 10 trabalhos realizados na América Latina, a fertilidade do gado de cria foi aumentada com a utilização de suplementos minerais. Os autores sugeriram que o P teria sido o principal responsável pelos resultados obtidos, embora outros minerais, supridos também nas misturas utilizadas, certamente teriam contribuído. O mesmo foi verificado por Call et al. (1978) quando demonstraram, que novilhas alimentadas individualmente durante dois anos com dieta basal, onde a única variável era o fósforo, estes ainda completam que as fêmeas bovinas obtiveram excelente desempenho reprodutivo com níveis do elemento bastante inferiores.

5.3. K: Geralmente a deficiência deste mineral é rara nas forrageiras, porém, variações na sua concentração podem ocorrer, pois está diretamente relacionada com a disponibilidade do mineral no solo, espécie forrageira e idade da planta (UNDERWOOD & SUTTLE, 1999).

Sintomas não específicos podem ser observados em animais deficientes: lento desenvolvimento, redução do consumo e conversão alimentar, fraqueza muscular, distúrbios nervosos, rigidez, perda de flexibilidade do couro, definhamento, acidose intracelular e degeneração de órgãos vitais (McDOWELL, 1999).

5.4. Na: A deficiência de sódio é a carência mineral mais comum em todo mundo, além de ser a mais importante, depois da deficiência de P. Levantamentos têm demonstrado que o Na é deficiente nas pastagens em todos os continentes. Quando se fala na necessidade de administrar sal ao gado, isto significa fornecer o Na (TOKARNIA et al., 2000).

5.5. Fe: A deficiência de ferro é comumente observada em animais manejados em confinamento, ou seja, quando estes não têm acesso ao solo para se abastecerem deste elemento, uma vez que, o solo e as pastagens são muito ricos neste elemento (McDOWELL, 1996).

5.6. Cu e Mo: Cobre e molibdênio devem ser considerados de forma conjunta, em função da já conhecida interação entre estes minerais. Tiomolibdatos são formados no rúmen pela reação entre enxofre e molibdênio que, posteriormente, reagem com cobre, formando o tiomolibdato de cobre que, por ser um composto insolúvel, limita a utilização de cobre, mesmo em dietas com adequado nível deste micromineral e leva ao aparecimento dos sintomas de deficiência.

5.7. Zn: Constituinte de várias metaloenzimas está envolvido em reações enzimáticas associadas com a síntese proteica e o metabolismo de carboidratos e ácidos nucléicos. É, portanto, essencial em células, como as gonadais. Consequentemente, funções reprodutivas, como espermatogênese e desenvolvimento de órgãos sexuais em machos, e todas as fases do processo reprodutivo na fêmea, do estro à gestação, são seriamente alteradas pela deficiência deste mineral (SMITH & AKINBAMIJO, 2000).

5.8. Se: Nas fêmeas, a deficiência de Se causa desordens reprodutivas como, manifestação de cios silenciosos, fracos e irregulares, baixa taxa de concepção e maior incidência de cistos ovarianos e de retenção de placenta. Nos machos, é comum observar reduzida motilidade espermática, o que pode estar relacionado ao alto conteúdo de ácidos graxos poliinsaturados na membrana celular dos espermatozoides. Nas fêmeas, a retenção de placenta é a desordem mais bem estudada. Através de vários estudos encontrados na literatura, pode-se concluir que a incidência de retenção de placenta em vacas com deficiência de selênio pode ser reduzida pela suplementação pré-parto deste mineral isolado ou em associação com a vitamina E (OLSON, 1995).

5.9. Mn: Essencial para a adequada atividade reprodutiva e sua deficiência pode causar falhas na manifestação de cio e na ovulação, redução da taxa de concepção, aumento da incidência de abortos ou nascimento de crias fracas e com deformidades ósseas. Nos machos, sua deficiência afeta a produção espermática, diminuindo a produção e a motilidade dos espermatozoides. Isso ocorre porque este mineral atua como cofator em sistemas enzimáticos, como constituinte de várias metaloenzimas e na síntese de hormônios da reprodução (HURLEY & DOANE, 1989).

6. Absorção dos minerais

Tabela 4. Taxa de absorção (%) de cálcio e fósforo em bovinos, caprinos e ovinos

Bovino (kg)	Ca	P	Ovinos, Caprinos (kg)	Ca	P
Crescimento			Crescimento		
100	70	80	10	50	80
200	55	75	20	40	75
300	50	65	30	35	70
400	45	55	40	30	65
500	40	55	50	30	60
Engorda	30	50	Engorda	30	60
Lactação	35	60	Lactação	35	65

Fonte: INRA (1988).

7. Biodisponibilidade

Na avaliação dos alimentos e suplementos nutritivos devem-se considerar a concentração e a biodisponibilidade do elemento. Segundo O'Dell (1984), biodisponibilidade de um mineral é definida como sendo a proporção do elemento ingerido que é absorvida, transportada ao seu sítio de ação e convertida a uma forma fisiologicamente ativa. Para Underwood (1981), biodisponibilidade diz respeito às formas como os minerais podem ser absorvidos no intestino e usados pelas células e tecidos animais, ou seja, proporção de um nutriente presente no alimento que é absorvida pelo animal e utilizada nas funções biológicas.

A biodisponibilidade de minerais em forragens para ruminantes pode ser afetada pela sua distribuição na forragem e pela forma química na qual se encontra (Tabela 5). A presença do mineral na planta forrageira,

A absorção de elementos minerais, juntamente com o transporte, armazenamento e excreção são componentes do sistema dinâmico, que, mantém o consumo alimentar em uma escala "normal", que resultará em homeostase (BUCKLEY, 2000). Esta variação é em parte uma função da necessidade dos animais, idade e estado fisiológico, entretanto fatores ambientais e dietéticos também contribuem. Para diversos minerais de transição (Cu, Fe), a absorção pode ser muito baixa, em parte como resultado da baixa solubilidade em ambiente anaeróbio do rúmen.

Como exemplo, temos que, animais ruminantes são particularmente vulneráveis à deficiência e toxicidade por cobre. Deficiência como resultado de processos digestivos no rúmen, quando mal absorvido, formando sulfetos de Cu (agravada pelas interações com Mo) ou toxicidade, por meio do acúmulo excessivo de Cu no fígado. Um equilíbrio de ingestão e excreção de cobre na bile mantém homeostase Cu nos animais.

A regulação dos minerais no metabolismo do animal envolve fatores que afetam a disponibilidade, absorção, transporte e utilização. O destino destes elementos solúveis no rúmen depende do fluxo entre a adsorção com partículas de digesta, a aceitação por parte dos microrganismos e transporte da membrana. O ambiente ruminal altamente anaeróbio dita a especiação química ou forma dos minerais que entram no sistema digestivo. O equilíbrio químico é mais modificado através de mudanças progressivas no pH e composição química.

usada como alimento, não garante a absorção dele, pelo organismo animal. Objetivando corrigir ou amenizar efeitos relacionados a deficiências, a suplementação mineral é uma prática necessária, para atender às exigências dos animais, garantindo-lhes um suprimento adequado e desenvolvimento saudável.

Embora forragens possam fornecer adequadas quantias de todos os minerais essenciais, em algumas situações são deficientes em um ou mais elemento mineral e a suplementação é requerida para garantir a *performance* e a saúde do animal. No caso de ruminantes, um fornecimento adequado de minerais deve ser feito para otimizar a atividade microbiana do rúmen e, assim, a utilização de forragens. Deficiências minerais ocorrem em graus diferentes; podendo não resultar em sinais clínicos de deficiência, com apenas pequenos decréscimos nas funções metabólicas, e podem apresentar elevado impacto no crescimento, reprodução ou saúde animal.

Tabela 5. Formas químicas dos minerais em vegetais

Mineral	Forma química
Ca	Fosfato de Ca; Oxalato de Ca; Possivelmente ligado a pectina e lignina
P	Fosfato inorgânico; RNA; Fosfolipídeos; Outros ésteres fosfato; ác. Fítico
S	AA sulfurosos; Outros compostos orgânicos que contêm S; Sulfato
Mg	Clorofila; Ligado à lignina
Na	Íon
K	Íon
Cl	Íon
Zn	Complexos aniônicos
Cu	Complexos neutros ou aniônicos
Se	Selenometionina; Selenato
Mn	Quelatos orgânicos
Fe	Porfirinas; Complexos aniônicos
I	Íon
Si	Sílica sólida na PC; Ác. sílico
Mo	Enzimas que contêm Mo; Íon

Fonte: Adaptado de Butler & Jones (1973).

7.1. Fatores que afetam a Biodisponibilidade dos Minerais

Muitos fatores afetam a maneira como os nutrientes são utilizados pelos animais. Entre os principais fatores estão o clima, o tipo de solo, a espécie forrageira, o manejo, a composição química das plantas forrageiras, que podem afetar a composição físico-química das plantas forrageiras, além dos fatores inerentes ao animal, como a idade, o pH dos conteúdos nos compartimentos do trato digestivo, a presença em excesso ou ausência de alguns minerais (sinergismo/antagonismo), o conteúdo de nutrientes orgânicos (proteína, carboidrato, vitamina), aspectos sanitários (MORAIS, 2001) (Figura 1).

Normalmente, os minerais envolvidos em vários processos metabólicos têm maior facilidade de se inter-relacionarem do que aqueles que estão envolvidos numa simples ou única função (DYER, 1969). Entre eles se destacam o cobre, o ferro, o zinco e o selênio por serem íons polivalentes.

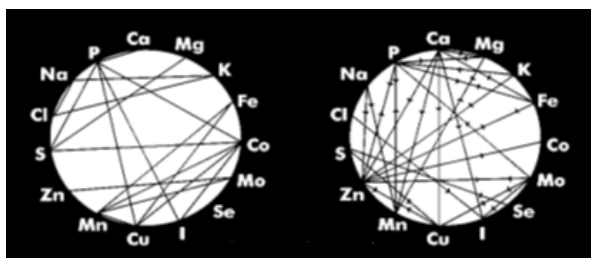


Figura 1. Interações dos elementos minerais no organismo animal. Fonte: Georgievskii (1982).

7.1.1. Componentes dos alimentos e ingestão de solo

O teor de nutrientes das forrageiras é bastante variável, como consequência da espécie, do estágio de maturidade, tipo de solo, fatores climáticos sazonais e temporais, além de fertilidade do solo e ou da aplicação de fertilizantes (BALLET et al., 2000; MacPHERSON, 2000). Alterações na qualidade da pastagem, energia e

digestibilidade da proteína, juntamente com a contaminação da pastagem por meio das fezes e ingestão de solo dificultam a estimativa da absorção de macrominerais pelo pastoreio de animais ruminantes, ovinos, por exemplo, e assim podem-se confundir necessidades de microminerais.

Pastagens com elevado teor proteína notadamente reduzem a absorção de Cu. Em suas fases de crescimento vegetativo podem ter baixas concentrações de elementos que não são essenciais para o crescimento da planta (Co e Se) através da diluição de crescimento.

A ingestão do solo, por sua vez, afeta a absorção dos microminerais em ruminantes, conforme afirmam Grace et al. (1996). A pasto os animais inevitavelmente ingerem certa quantidade de solo, esta quantidade varia entre 2 a 25% do consumo de MS. O solo pode contribuir com até 20% do consumo total da dieta para alguns minerais, Co, Fe, Mn e I, que estão mais concentradas no solo do que na pastagem.

7.1.2. Microflora ruminal

A disponibilidade e utilização metabólica de minerais dependem de sua passagem pelo rúmen, assim como suas interações com a microbiota que pode afetar a sua posterior liberação e transformação. No entanto, em sua maior parte, o crescimento microbiano e sua síntese não são limitados pelo fornecimento destes elementos essenciais em situações de pastejo normal.

7.1.3. Interações entre os minerais

A absorção, disponibilidade e utilização dos minerais são sensíveis às interações orgânicas e inorgânicas, entre componentes da dieta. A interação Se e vitamina E é um raro exemplo de interação sinérgica, contudo estas interações são antagonônicas, com deficiências marginais de microminerais frequentemente exacerbada. A utilização de Cu dietético é sensível à inibição por co-antagonistas (Fe, Mo e S), e fornece um bom exemplo de como os fatores dietéticos afetam a biodisponibilidade, absorção e acúmulo destes elementos. O efeito do

aumento na concentração de Mo na pastagem, na presença de S na dieta, na absorção e armazenamento de Cu pelo em ruminantes a pasto, permanece um problema importante, promovendo impacto significativo na absorção de Cu por ruminantes (FREER & DOVE, 2002).

A formação no rúmen do complexo tiomolibdato de cobre é função da má absorção do Cu, o que ocasiona deficiência de Cu induzida ou status Cu baixo, que por sua vez está relacionada com distúrbios nervosos, ganho de peso pobre e desempenho reprodutivo prejudicado (GOONERATNE et al., 1989; MASON, 1981). Curiosamente, essa interação é utilizada de forma benéfica no tratamento de intoxicações crônicas de Cu em ruminantes.

7.2. Formação de compostos orgânicos sintéticos “quelatos”

Estudos com minerais orgânicos ou quelatados têm sido desenvolvidos com a finalidade de garantir a absorção do mineral no trato intestinal, sem entrar no processo de competição iônica, normalmente determinada pela presença de maior concentração dos íons minerais (PEIXOTO et al., 2005).

São denominados quelatos, compostos formados por íons metálicos sequestrados por aminoácidos, peptídeos ou complexos polissacarídeos que proporcionam a esses íons alta disponibilidade biológica, alta estabilidade e solubilidade. Para a formação dos quelatos pode-se lançar mão de numerosas moléculas como ligantes que têm função específica no metabolismo. Elas são de baixo peso molecular e a capacidade oxidativa ou “ligante” depende do tamanho da molécula e da presença de radicais carboxílicos. As principais são os ácidos aminado, ascórbico, cítrico, glucônico e etilenodiaminotetracético (EDTA).

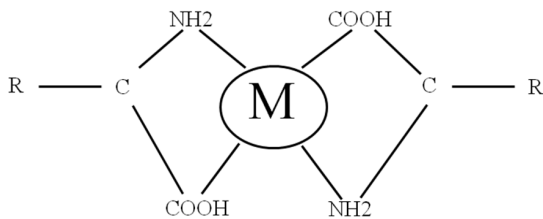


Figura 2. Representação química de um composto orgânico sintético (quelato).

Em geral, elementos minerais quelatados mostraram biodisponibilidade maior ou igual àqueles na forma de sulfato ou óxido (AMMERMAN et al., 1995). Para a utilização mais efetiva desse produto, são necessárias mais informações a respeito de sua composição, absorção e metabolismo no tecido que define sua disponibilidade biológica.

7.3. Absorção dos quelatos

Trabalhos *in vivo* têm demonstrado que minerais sob a forma de sais inorgânicos são geralmente ionizados no estômago e absorvidos no duodeno, onde o pH ácido determina a solubilidade. Daí são ligados a proteínas e incorporados pela membrana das células da mucosa intestinal (ASHMEAD, 1993). O transporte para o interior das células dá-se pela difusão passiva ou pelo transporte ativo. Nessas condições ocorrem perdas pela reação com compostos, como colóides insolúveis, ou no processo de competição pelos sítios de absorção entre os elementos minerais, com interações antagônicas que inibem a absorção (HERRICK, 1993).

7.4. Resposta à utilização de minerais quelatados

Alguns estudos têm demonstrado resposta positiva de quelatos quando comparados com fontes inorgânicas. McDowell (1996), concluiu em seus estudos que certos complexos orgânicos na dieta de ruminantes aumentam o desempenho (crescimento e produção de leite), a qualidade de carcaça e resposta imune, e decresce a contagem de células epiteliais no leite comparado aos animais suplementados com as formas inorgânicas.

Kropp (1993) avaliou a fertilidade de fêmeas de diferentes raças (Angus, Hereford, Brangus e Simental) que tiveram acesso a sal mineral contendo Zn, Mn, Cu e Co quelatados com aminoácidos comparados à fórmula contendo sais inorgânicos, por um ano. Este verificou que 77,4% das fêmeas que recebiam os quelatados apresentaram estro em relação a 42,1% das que recebiam sais inorgânicos. Destas, as que conceberam no primeiro serviço foram 71,4% das suplementadas com quelatos e 25% das com sal inorgânico. Assim o mesmo concluiu que a suplementação de microminerais quelatados, particularmente o Cu, teve influência positiva na melhoria do cio e taxa de concepção.

8. Exigências minerais em ruminantes

As necessidades nutricionais de animais ruminantes por minerais são afetadas e até mesmo dependentes de diversos fatores isolados. Destacam-se: a espécie, a raça, idade, nível de produção, adaptação à enzima química do elemento mineral na dieta e inter-relações entre os diversos elementos minerais.

Fetos são completamente dependentes de suas mães para o fornecimento dos nutrientes essenciais, que diferem de acordo com o estágio da gestação. O bom desenvolvimento e crescimento dos fetos e cordeiros recém-nascidos necessitam de um transporte adequado de nutrientes através da placenta e da glândula mamária. Os requerimentos de Ca pelas fêmeas prenhas aumenta com o avanço da prenhas (Tabela 6). As fêmeas devem ser complementadas com a sua exigência de Ca para coincidir com a alta demanda deste elemento essencial pelo feto em gestação tardia e para evitar problemas de saúde em lactação (ABDELRAHMAN, 2008).

Tabela 6. Exigências de Ca e P (g/dia) em ovelha no período de gestação segundo o seu peso vivo e número de fetos

Peso Ovelha (kg)	Fetos Nº	Semanas antes do parto					
		6-5		4-3		2-1	
		Ca	P	Ca	P	Ca	P
55	1	5,7	3,2	6,9	3,5	9,0	4,0
	2	6,2	3,3	7,7	3,7	10,3	4,4
	3	7,2	3,6	9,1	4,1	13,0	5,0
70	1	7,0	4,1	8,5	4,5	11,1	5,2
	2	8,0	4,4	10,1	4,9	13,8	5,8
	3	9,0	4,7	11,7	5,3	16,5	6,5
	4	10,0	4,9	13,3	5,7	19,1	7,1

Fonte: INRA (1988).

Animais alimentados apenas com pastagem consomem dietas que não correspondem as suas necessidades em relação aos minerais, uma vez que, frequentemente as forragens não satisfazem os requerimentos desses elementos dos animais em pastejo. Quando estes alimentos são ricos em determinados elementos, os contêm em proporções desequilibradas entre si. Muitas forrageiras tropicais não são capazes de suprir as exigências dos animais ruminantes criados em pastagens, conforme pode ser observado na Tabela 7.

Tabela 7. Concentração de minerais em 2615 forrageiras latino-americanas

Elemento	N. observações	Requerimentos Ruminantes	Nível de nutrientes nas forrageiras		
			Baixo	Alto	
Cálcio	1123	1,8-8,2	Concentração % do total	0-3	>3
				31,1	68,9
Magnésio	290	1-2	Concentração % do total	0-2	>2
				35,2	64,8
Fósforo	1129	1,8-4,8	Concentração % do total	0-3	>3
				72,8	27,2
Potássio	198	6-8	Concentração % do total	0-8	>8
				15,1	84,9
Sódio	146	0,6-1,8	Concentração % do total	0-1	>1
				59,5	40,5

Fonte: Adaptado de McDowell & Valle (2000).

As exigências do NRC são baseadas, frequentemente, no desempenho ponderal e nas quantidades de um mineral específico, como forma de prevenir deficiências. O NRC (2001) assume que os minerais possuem diferentes disponibilidades, que variam de acordo com o alimento, forragens, concentrados e fontes inorgânicas, isto influencia no coeficiente de absorção deste mineral e consequentemente na sua exigência (Tabela 8).

Tabela 8. Exigências de minerais para bovinos de corte e leite

Minerais	Vacas de corte (a)			Vacas de leite (b)	
	Crescimento a	Gestante	Lactação	Transição	Lactação
Cálcio (%)	0,40 - 0,80	0,16 - 0,27	0,28 - 0,58	0,44 - 0,48	0,53 - 0,80
Fósforo (%)	0,22 - 0,50	0,17 - 0,22	0,22 - 0,39	0,22 - 0,26	0,44 - 0,32
Magnésio (%)	0,10	0,12	0,20	0,11 - 0,16	0,18 - 0,29
Potássio (%)	0,60	0,60	0,60	0,51 - 0,62	1,00 - 1,24
Sódio (%)	0,06 - 0,08	0,06 - 0,08	0,10	0,10 - 0,14	0,19 - 0,34
Enxofre (%)	0,15	0,15	0,15	0,2	0,20
Cobalto (ppm)	0,10	0,10	0,10	0,11	0,11
Cobre (ppm)	10	10	10	12 - 18	9 - 16
Iodo (ppm)	0,50	0,50	0,50	0,4 - 0,5	0,34 - 0,88
Ferro (ppm)	50	50	50	13 - 18	12,3 - 22,0
Manganês (ppm)	20	40	40	16 - 24	12 - 21
Selênio (ppm)	0,10	0,10	0,10	0,3	0,3
Zinco (ppm)	30	30	30	21 - 30	43 - 73

Fonte: a: NRC (1996); b: NRC (2001).

Pesquisas relacionadas às exigências minerais por animais ruminantes tem sido cada vez mais objeto de estudo, haja vista, se pode determinar quanto de cada elemento se faz necessário para que os animais se desenvolvam sem detrimientos, além do suporte necessário para a produção.

8.1. Fatores que afetam as exigências de minerais

- Espécie animal
- Raça
- Idade
- Intensidade ou taxa de produção
- Condições do meio ambiente
- Tratamento prévio recebido

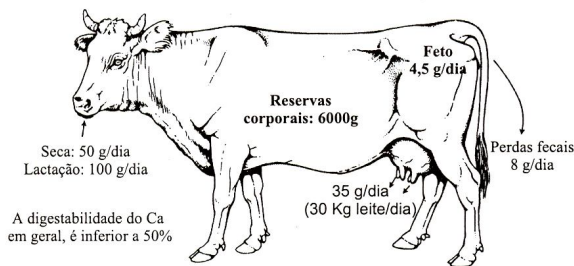


Figura 3. Esquema da mobilização do Cálcio na vaca. Fonte: Payne & Payne (1987).

8.2. Resposta animal a um mineral

Animais ruminantes apresentam respostas fisiológicas mediante o uso de elementos minerais, os quais, logo interferirão positiva ou negativamente no caráter produtivo, reprodutivo e sanitário. Esta relação é bastante sensível a variação da concentração dos minerais no organismo. Segue (Figura 4):

- Faixa Deficiente: Animal não apresenta resposta satisfatória as suas funções de produção e reprodução. Quantidades menores do que as exigências mínimas;
- Faixa Ótima: Quantidades de minerais controladas dentro de certos limites, sem que haja modificações na resposta animal;
- Faixa Tóxica: A resposta animal passa a diminuir à proporção que se aumenta o nível do nutriente.

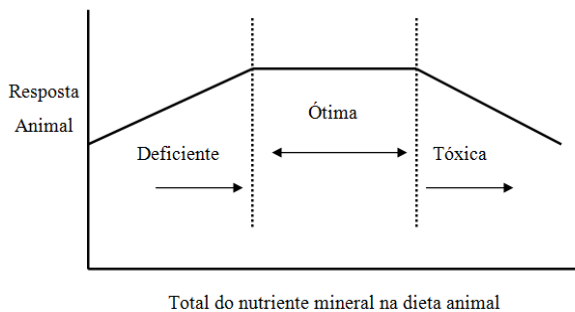


Figura 4. Resposta animal a um nutriente.

9. Suplementação mineral (Quando mineralizar)

Uma vez que os animais estiverem recebendo dietas com quantidade insuficiente de minerais ou rações desequilibradas que resultem na carência de um ou mais elementos, há que se corrigi-las para que os mesmos possam desenvolver seu potencial genético, além de manterem-se sãos. Há circunstâncias, em que a correção do pH do solo e a adubação podem disponibilizar, em maior ou menor quantidade, alguns minerais, além de, eventualmente, melhorar a produção de massa verde da forragem; esse procedimento, porém, é, em geral, antieconômico em relação à atividade pecuária (PEIXOTO et al., 2005).

No entanto a fertilização das pastagens com minerais, objetivando suprir as necessidades dos animais, via de regra, não é viável, a adequação nutricional dos minerais deve ser realizada pelas diferentes formas de suplementação. Assim alguns conceitos ou práticas, amplamente aceitas e aplicadas, precisam ser revistas. Estas são denominadas de equívocos sobre suplementação mineral.

9.1. Equívocos sobre suplementação mineral

- A essencialidade metabólica de um elemento sempre implicaria em sua suplementação obrigatória, via misturas minerais;
- A suplementação mineral deveria ser sempre obrigatória em todos os locais ou regiões;
- A suplementação mineral deveria ser prática recorrente, mesmo para animais que recebem dietas energético-proteicas muito pobres;
- Quanto maior o número de elementos incluídos na composição de uma mistura mineral, melhor ela seria;
- Quanto maior o teor de minerais na mistura melhor seria a qualidade desse suplemento;
- Quanto maior o consumo diário de uma mistura mineral, melhor seria a qualidade dessa mistura;
- A formulação e a preparação de um suplemento mineral não deveriam ser feitas por técnicos nas fazendas.

9.2. Regras básicas para suplementação seletiva

- Não suplementar com minerais se não há sinais diretos ou indiretos de deficiência mineral;
- A suplementação mineral deve ser ajustada ao nível de produção;
- As necessidades da suplementação mineral variam com a área, época do ano e com o manejo alimentar do rebanho;
- Pouco adianta suplementar minerais sem a prévia adequação proteica-energética da dieta e sem uma adequada disponibilidade de volumoso, isto é, antes de suplementar com minerais, deve-se verificar se o animal ingere energia e proteína suficientes para desenvolver seu potencial genético;
- A formulação mineral deve ser feita caso a caso, isto é, fazenda a fazenda;

6. A introdução da suplementação mineral seletiva sempre deve ser feita mediante estudos comparativos;

7. Estar sempre atento ao risco inerente de toxicidade dos minerais, em especial com relação ao cobre e ao selênio.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A concentração de elementos minerais é afetada por diversos fatores intrínsecos e extrínsecos ao animal. De modo que mais pesquisas devem ser conduzidas, afim de melhor caracterizar as concentrações e deficiências de minerais para uma mais precisa determinação de seus requerimentos por ruminantes.

No Brasil, a deficiência mineral sofrida pelos animais ruminantes é amplamente distribuída e responsável por déficits econômicos. A suplementação mineral do rebanho deve ser feita de forma objetiva, considerando a sanidade, produtividade e aspectos econômicos.

Estudos comparativos sobre o efeito dos minerais na produção e na sanidade, em diferentes situações, também deveriam ser incentivados, como forma de demonstrar os onerosos equívocos que existem na forma de suplementar com minerais os ruminantes no Brasil. Investimentos na produção de pastagem de boa qualidade trará o maior retorno por unidade investida e irá assegurar o sucesso no programa de produção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDELRAHMAN, M. M. The effect of high calcium intake by pregnant Awassi ewes at late gestation on minerals status and performance of ewes and newborn lambs. *Livestock Science*, v.117, p.15-23, 2008.

AMMERMAN, C. B.; et al. **Bioavailability of nutrients for animals: amino acids, minerals and vitamins**. New York: Academic Press, 1995. 237p.

ARAÚJO, R. F. S. S. **Avaliação nutricional e função renal de ovinos alimentados com feno de erva-sal (*Atriplex nummularia* L) e farelo de milho em substituição a palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* mill)**. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2009. 46 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2009.

ASHMEAD, H. D. Comparative intestinal absorption and subsequent metabolism of metal amino acid chelates and inorganic metals salts. In: ASHMEAD, H. D. (Ed.). **The roles of amino acid chelates in animal nutrition**. New Jersey: Noyes, 1993. p.47-51.

BALLET, N.; et al. Vitamins in forages. In: GIVENS, D. J.; et al. (Eds) **Forage Evaluation in Ruminant Nutrition**. CAB International, UK, p. 399-431, 2000.

BUCKLEY, W. T. Trace element dynamics. In: D'MELLO, J. P. F. (Eds.) **Farm Animal Metabolism and Nutrition**. CAB International, UK, p.161-182, 2000.

BUTLER, G. W.; JONES, D. I. H. Mineral Biochemistry of herbage. Butler, G. W. & Bailey, R. W., (Eds.). **Chemistry and biochemistry of herbage**. London: Academic Press, 1973. p.127-162.

CALL, J. W.; et al. Phosphorus influence on growth and reproduction of beef cattle. *Journal of Animal Science*, v.47, n.1, p.216-225, 1978.

DÖBEREINER, J.; DUTRA, I. S. **O botulismo dos bovinos e o seu controle**. Rio de Janeiro – RJ: Embrapa, Comunicado Técnico. 6 p., 2004.

DYER, I. Mineral requirements. In: HAFEZ, E.; DYER, I. (Eds.). **Animal growth and nutrition**. Philadelphia: Lea & Febiger, 1969. 313p.

FREER, M.; DOVE, H. Sheep Nutrition. In: LEE, J.; et al. (Eds.). **Trace-element and Vitamin Nutrition of Grazing Sheep**. CAB International, UK, p.289-315, 2002.

GEORGIEVISKII, V. I.; et al. **Mineral nutrition of animal**. London, UK, 1982.

GONZÁLEZ F. H. D. Uso do perfil metabólico para determinar o status nutricional em gado de corte. In: GONZÁLES, F. H. D.; et al. **Perfil metabólico em ruminantes: seu uso em nutrição e doenças nutricionais**. UFRGS: Porto Alegre, p.63-73, 2000.

GOONERATNE, S. R.; et al. Review of copper deficiency and metabolism in ruminants. *Canadian Journal of Animal Science*, v.69, p.819-845, 1989.

GRACE, N. D.; et al. Effect of soil ingestion on the storage of Se, vitamin B₁₂, Cu, Cd, Fe, Mn and Zn in the liver of sheep fed lucerne pellets. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, v.39, p.325-331, 1996.

HERRICK, J. B. Minerals in animal health. In: ASHMEAD, H.D. (Eds.) **The roles of amino acid chelates in animal nutrition**. New Jersey: Noyes Publication, p.3-20, 1993.

HURLEY, W. L.; DOANE, R. M. Recent developments in the roles of vitamins and minerals in reproduction. *Journal of Dairy Science*, v.72, p.784-804, 1989.

INRA. Alimentation des Bovins, Ovins et Caprins. INRA Editions, Paris, France. 1988. 554p.

KROPP, J. R. The role of copper in beef cattle fertility. In: ASHMEAD, H. D. (Eds.) **The roles of amino acid**

- chelates in animal nutrition.** New Jersey: Noyes, 1993. p.154-169.
- LAMB, G. C.; et al. Effect of organic or inorganic trace mineral supplementation on follicular response, ovulation, and embryo production in superovulated Angus heifers. **Animal Reproduction Science**, v.106, p.221-231, 2008.
- MacPHERSON, A. Trace mineral status of forages. In: GIVENS, D. J.; et al. (Eds) **Forage Evaluation in Ruminant Nutrition.** CAB International, UK, p. 345-371, 2000.
- MASON, J. Molybdenum-copper antagonism in ruminants: a review of the biochemical basis. **Irish Veterinary Journal**, v.35, p.221-229, 1981.
- McDOWELL, L. R. Feeding minerals to cattle on pasture. **Animal Feed Science Technology**, v.60, p.247-27, 1996.
- McDOWELL, L. R. **Minerais para ruminantes sob pastejo em regiões tropicais, enfatizando o Brasil.** 3. ed. University of Florida , 92 p., 1999.
- McDOWELL, L. R.; CONRAD, J. H. Trace mineral nutrition in Latin America. **World Animal Review**, v.24, p.24-33, 1977.
- McDOWELL, L. R.; VALLE, G. Major minerals in forages. In: GIVENS, D. I.; et al. (Eds) **Forage evaluation in ruminant nutrition.** London, CAB International, 2000. P.373-397.
- MESCHY, F. Recent progress in the assessment of mineral requirements of goats. **Livestock Production Science**, v.64, p.9-14, 2000.
- MORAIS, S. S. **Importância da suplementação mineral para bovinos de corte.** Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 26 p., 2001.
- MORAIS, S. S. **Novos Microelementos Minerais e Minerais Quelatados na Nutrição de Bovinos.** Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 22 p., 2001.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient Requirements of Beef Cattle.** Washington, D. C. National Academy of Sciences, 7 ed., 242 p., 1996.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient Requirements of Dairy Cattle.** Washington , D. C. National Academy of Sciences, 7 ed., 420 p., 2001.
- OLSON, J. D. The role of selenium and vitamin E in mastitis and reproduction of dairy cattle. **Cattle Pract.** v.3, p.47-49, 1995.
- O'DELL, B.L. Bioavailability of trace elements. **Nutrition Review**, v.42, p.301-308, 1984.
- PAYNE, J. M.; PAYNE, S. **The metabolic profile test.** New York : Oxford University, 1987, p.179.
- PEDREIRA, M. S.; BERCHIELLI, T. T. Minerais. In: BERCHIELLI, T. T.; et al. **Nutrição de Ruminantes.** Jaboticabal: FUNEP, 2006, 583p.
- PEIXOTO, P. V.; et al. Princípios de suplementação mineral em ruminantes. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v.25, n.3, p.195-200, 2005.
- SANTOS, K. L. L. **Balço de minerais e função renal em caprinos recebendo dietas à base de palma forrageira e diferentes níveis de casca de soja.** Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2008. 41 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2008.
- SMITH, O. B.; AKINBAMIJO, O. O. Micronutrients and reproduction in farm animals. **Animal Reproduction Science**, v.60-61, p.549-560, 2000.
- TOKARNIA, C. H.; et al. Deficiências minerais em animais de fazenda, principalmente bovinos em regime de campo. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v.20, n.3, p.127-138, 2000.
- UNDERWOOD, E. J.; SUTTLE, N. F. **Mineral nutrition of livestock.** 3. ed. London: CAB International, 614 p., 1999.
- UNDERWOOD, E. **The mineral nutrition of livestock.** London: Academic Press, p.15, 1981.
- WILDE, D. Influence of macro and micro minerals in the peri-parturient period on fertility in dairy cattle. **Animal Reproduction Science**, v.96, p.240-249, 2006.