



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA



INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
PERNAMBUCO
Campus Belo Jardim

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE PERNAMBUCO / CAMPUS BELO JARDIM - PE
Av. Sebastião Rodrigues da Costa, s/n - Bairro São Pedro - Belo Jardim / PE - CEP: 55165-000 PABX: 81 3726-1355

IFPE – *Campus* Belo Jardim
Curso Técnico em Agropecuária

NUTRIÇÃO E SUPLEMENTAÇÃO MINERAL DE BOVINOS DE CORTE



EMANUEL ISAQUE CORDEIRO DA SILVA
Técnico em Agropecuária – IFPE
Bacharelado em Zootecnia – UFRPE



SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	4
1. OS MINERAIS E SUAS FUNÇÕES	5
• MACROMINERAIS	6
a) Cálcio e fósforo (Ca e P)	6
b) Sódio e cloro (Na e Cl)	8
c) Magnésio (Mg)	10
d) Potássio (K)	11
e) Enxofre (S)	12
• MICROMINERAIS	13
a) Cobalto (Co)	13
b) Cobre (Cu)	14
c) Iodo (I)	15
d) Ferro (Fe)	16
e) Manganês (Mn)	17
f) Selênio (Se)	18
g) Zinco (Zn)	20
h) Molibdênio (Mo)	21
i) Níquel (Ni)	21
2. MINERAIS TÓXICOS	23
a) Arsênio (As)	23
b) Cádmio (Cd)	23
c) Chumbo (Pb)	24
d) Flúor (F)	24
e) Mercúrio (Hg)	24
3. MINERAIS PRESENTES NAS GRAMÍNEAS	24
4. FATORES QUE AFETAM A INGESTÃO DE MINERAIS	27
4.1 Alimentadores minerais	27
4.2 Forma do suplemento	28
4.3 Estação	29
4.4 Método de suplementação ou alimentação	29
5. BIODISPONIBILIDADE DOS MINERAIS	30
6. IDENTIFICANDO UMA DEFICIÊNCIA MINERAL	31
7. CARACTERÍSTICAS GERAIS DA SUPLEMENTAÇÃO MINERAL	33
8. SELEÇÃO DE UM SUPLEMENTO MINERAL	35
• Dietas baseadas em grãos	37

9. REQUERIMENTOS NUTRICIONAIS	37
10. CONSUMO DE MATÉRIA SECA	43
10.1 Predição prática do CMS	43
11. DEFICIÊNCIAS MINERAIS NO TRÓPICO.....	45
12. FONTES MINERAIS	47
13. CÁLCULO DE UM SUPLEMENTO MINERAL	48
COMENTÁRIOS FINAIS.....	54
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: os minerais e suas funções nos bovinos de corte.....	22
Tabela 2: principais minerais presentes nas gramíneas brasileiras.....	25
Tabela 3: variação da composição mineral em função da idade da planta.....	26
Tabela 4: desempenho das novilhas suplementadas com livre escolha ou na mistura total.....	30
Tabela 5: biodisponibilidade relativa ¹ de microminerais orgânicos e inorgânicos	31
Tabela 6: níveis máximos recomendados de minerais na água de consumo de bovinos	33
Tabela 7: concentrações máximas totais de elementos tóxicos para os bovinos.....	35
Tabela 8: teor de minerais presentes em forrageiras e alimentos concentrados	36
Tabela 9: exemplo de especificações minerais para vacas em lactação	36
Tabela 10: exigências minerais de bovinos de corte	38
Tabela 11: requerimentos de Ca e P para crescimento e engorda	38
Tabela 12: exigências de Ca e P para bovinos em crescimento e engorda em função do peso final e GPD	39
Tabela 13: requerimentos de Ca e P para novilhas prenhes	40
Tabela 14: cálculos das necessidades de Ca e P em diferentes etapas da gestação em vacas de corte, supondo um peso ao nascer do neonato de 38,5 kg.....	41
Tabela 15: necessidades de Ca e P para a produção de leite em vacas de corte.....	41
Tabela 16: requerimentos de Ca e P para vacas de corte em lactação em função do peso adulto e pico de produção	42
Tabela 17: peso adulto ou maduro de bovinos de corte	44
Tabela 18: predição do consumo de MS (kg/dia) para bovinos em crescimento manejados em condições de pastejo.....	44
Tabela 19: predição do consumo de MS (kg/dia) para vacas de corte em lactação manejadas em condições de pastejo.....	45
Tabela 20: concentração mineral de 2615 amostras de forragens da América Latina	46
Tabela 21: matérias-primas fontes de macrominerais	47
Tabela 22: matérias-primas fontes de microminerais.....	48
Tabela 23: cálculo e composição final da mistura mineral	52
Tabela 24: Mistura mineral II calculada, fontes de minerais, consumo por unidade animal/dia e porcentagem dos ingredientes na mistura total II.....	52



NUTRIÇÃO MINERAL E CÁLCULO DE SAIS MINERAIS PARA BOVINOS À PASTO

INTRODUÇÃO

A produção bovina no Brasil é fundamentalmente em condições de pastoreio, isto é, à pasto. Dado que as pastagens e as forragens não suprem as exigências minerais dos bovinos, principalmente na seca, a suplementação mineral desses animais torna-se uma prática essencial e obrigatória para obtenção de êxito na produção de carne e leite.

Negligenciar os requerimentos minerais dos bovinos pode levar ao aparecimento de alterações metabólicas diretamente relacionadas com o desempenho produtivo do rebanho, além de complicações mínimas ou expressivas sobre o sistema reprodutivo e a fertilidade dos animais. Os requisitos minerais dependem do nível de produção e de cada categoria animal, logo, as práticas e atividades destinadas ao aumento na produção de carne e a taxa de crescimento dos animais exigem maior atenção à suplementação mineral.

A formulação de suplementos minerais permite corrigir os desequilíbrios e deficiências desses elementos nas dietas dos animais criados para engorda à pasto. Sendo assim, para formular um suplemento mineral adequado é necessário, acima de tudo, conhecer as deficiências e os desequilíbrios minerais na região, as exigências nutricionais dos animais em função do seu estado produtivo e sua condição metabólica, além da condição mineral do alimento base (gramíneas, forragens, leguminosas etc.) e a composição das fontes minerais e sua biodisponibilidade.

A finalidade deste trabalho é fornecer ao leitor a informação necessária para formular um suplemento mineral, considerando o aporte da dieta base, os requerimentos minerais dos animais e as fontes de minerais disponíveis no mercado.

Emanuel Isaque Cordeiro da Silva
Belo Jardim, 2021.

1. OS MINERAIS E SUAS FUNÇÕES

Dentro da nutrição animal, os minerais cumprem diferentes e essenciais funções dentro do organismo, logo desempenham um papel de destaque entre os nutrientes. As quantidades exigidas de cada mineral variam em função da espécie, idade e estado fisiológico, isto é, estado produtivo.

Na produção animal, é dada ênfase a energia e a proteína como sendo nutrientes imprescindíveis para o bom desempenho e crescimento do animal, no entanto, há os defensores de que os minerais são mais importantes quando consideram o fósforo como elemento constituinte das proteínas, da ATP e de diversas enzimas.

Dado que os alimentos não possuem o aporte de minerais requeridos pelos animais, a suplementação é uma prática de manejo indispensável. Em sistema de criação intensiva, esse manejo é fácil uma vez que se conhece a dieta e a quantidade de alimentos que o animal ingere, logo se conhece a composição mineral do alimento e o cálculo é feito para fornecer o déficit de mineral do alimento, por exemplo, o grão de milho seco moído na dieta fornece 0,05% de cálcio, dada que a exigência de Ca para bovinos de corte é de 0,25%, é necessário suplementar um composto que forneça os 0,2% de déficit da dieta. Por sua vez, em sistema de criação extensiva, a suplementação mineral não é uma tarefa fácil, uma vez que não se conhece a composição nem a quantidade dos alimentos que os animais comem no período de um dia, no entanto é feita uma estimativa da ingestão dos alimentos disponíveis à pasto para se calcular a quantidade a ser suplementada.

Dentro da nutrição animal, é comum dividir-se os minerais em macro e micro, de acordo com a exigência do animal. Os macrominerais ocorrem em concentração superior a 100 mg/kg e costumam ser expressos em porcentagem. Já os microminerais são os elementos que o animal exige em menor quantidade, sendo inferior a 80 mg/kg. O fato de um mineral ocorrer em maior quantidade no corpo do animal não significa menor grau de importância.

Para que um mineral seja considerado essencial foi estabelecida quatro condições primordiais de funções no organismo, logo esses minerais precisam:

- ✓ Estar presente nos tecidos dos animais em concentrações constantes;
- ✓ A deficiência deve causar a presença de anormalidades fisiológicas e/ou estruturais, desde que a dieta possua todos os outros elementos em concentrações ideais e não tóxicas. Um exemplo seria o raquitismo com a falta demasiada de Ca;

- ✓ A adição desse mineral essencial deve reverter o quadro da anormalidade;
- ✓ As anormalidades que foram induzidas pela deficiência de um dado elemento deverá ser acompanhada de alterações bioquímicas que são revertidas ou prevenidas quando a deficiência cessa.

• **MACROMINERAIS**

Os macrominerais que os bovinos de corte requerem incluem o cálcio, magnésio, fósforo, potássio, sódio, cloro e enxofre. Geralmente esses minerais acumulam-se mais nos ossos do que outra parte do corpo.

a) Cálcio e fósforo (Ca e P)

O cálcio e o fósforo são os principais componentes minerais do esqueleto. Cerca de 99% do Ca total do corpo e 80% do P total do corpo são armazenados nos ossos. Os estoques esqueléticos de Ca e P são usados para atender a inadequações dietéticas de curto prazo. Deficiências de longo prazo de qualquer um pode causar ossos enfraquecidos e, com isso, os ossos podem até quebrar.

Segundo a literatura, a presença Ca é de extrema importância para as funções:

- ✓ Formação dos ossos e dentes;
- ✓ Regulação dos batimentos cardíacos e irritabilidade dos nervos;
- ✓ Coagulação do sangue e do leite;
- ✓ Produção de leite (lactação);
- ✓ Ativação de enzimas como a lipase pancreática e fosfatase ácida;

O P, por sua vez é imprescindível para as funções:

- ✓ Formação dos ossos e dentes;
- ✓ Produção de leite (lactação);
- ✓ Regulação do mecanismo ácido-base;
- ✓ Metabolismo dos nutrientes (carboidratos, proteínas, lipídeos, vitaminas)
- ✓ Constituição de enzimas como a pepsina e xantina oxidase;
- ✓ Constituição das proteínas.

O Ca e o P também desempenham papéis importantes em outras funções corporais. Uma diminuição em um ou ambos pode causar uma diminuição no ganho de

peso e/ou uma diminuição na eficiência do ganho. Durante a lactação, quantidades baixas de ambos reduzirão a produção de leite. Uma vaca leiteira de alta produtividade requer três vezes mais Ca do que uma vaca não-lactante. Uma deficiência de P pode atrasar a puberdade nas novilhas e pode atrasar o regresso do cio das vacas adultas no pós-parto. Os bovinos também precisam de quantidades corretas de Ca para que os sistemas nervoso e muscular funcionem corretamente.

O uso adequado de Ca e P é afetado não só pela quantidade de cada mineral ingerido, mas também pela sua proporção. A relação Ca:P ideal é de cerca de 1,5:1, com uma faixa de 1:1 a 4:1 sendo satisfatória. Em algumas rações de alta concentração, razões superiores a 2:1 têm sido bem sucedidas; essa é uma característica da relação sinérgica entre o Ca e o P, em que um auxilia na absorção do outro. Deve-se estar atento a relação citada, uma vez que uma relação para bovinos superior a 4:1 pode causar a presença de cálculos renais.

A maioria das gramíneas possuem uma quantidade satisfatória de Ca. Leguminosas como alfafa, amendoim, e feno de soja são boas fontes de Ca, mas a silagem de milho e sorgo são más fontes de Ca. Em geral, a maioria dos concentrados são fontes relativamente pobres em Ca. Uma exceção é a polpa cítrica, que é relativamente alta em concentração de cálcio (1,9%). O milho, os subprodutos do milho e os grãos de sorgo têm um teor de cálcio particularmente baixo, e os bovinos alimentados com cereais ou dietas à base de silagem de milho necessitam de suplementação desse mineral.

A maioria das forragens é pobre em P, particularmente no final da estação de crescimento. O gado é mais propenso a possuir deficiência em P durante o inverno, quando, muitas vezes, sobrevivem alimentados com forragens secas. Os concentrados contêm concentrações moderadas a elevadas de P. Os suplementos proteicos, como a farinha de sementes de algodão e a farinha de soja, contêm concentrações moderadas, ao passo que muitos dos alimentos derivados, como os grãos de destiladores, de glúten de milho e a farinha de trigo, apresentam concentrações elevadas de P.

A deficiência tanto de Ca quanto de P pode causar raquitismo em animais jovens e osteomalácia, isto é, perda da massa óssea em animais adultos. A deficiência em conjunto de ambos causa retardo no crescimento e piora na conversão ou eficiência alimentar, todavia a deficiência do P é mais severa já que o mesmo é constituinte das proteínas. Como os solos do Brasil são deficientes em P, as pastagens são pobres em fornecer o elemento, sendo a suplementação o melhor método de prevenção da deficiência e até do botulismo quando os animais ingerem ossos na busca pelo mineral.

Apesar desses minerais não serem considerados tóxicos, a presença de excesso de um pode prejudicar a utilização do outro. O excesso de Ca é mais comum que o de P, de acordo com a ocorrência do Ca e o alto custo do P. Segundo o NRC, 2005 os níveis máximos para bovinos são de 1,5% para o Ca e de 0,7% para o P. Já na dieta as exigências requeridas para bovinos de corte é de 0,2 a 0,3% de Ca e de 0,19 a 0,25% de P (NRC, 2016). Já para bovinos leiteiros na dieta o Ca deve estar presente entre 0,4 e 0,6% e o P entre 0,2 a 0,4% (NRC, 2004) dependendo do nível de produção leiteira da vaca.

As melhores fontes de Ca e P são o milho, farelo de soja, farelo de trigo e o farelo de algodão.

b) Sódio e cloro (Na e Cl)

O Na está presente na ordem de 0,15% do corpo animal. Já que sua função é mais fisiológica que nutricional sua deficiência é comum. Uma das principais funções deste elemento está associada a manutenção da pressão osmótica e sobre o equilíbrio ácido-base além de participar da absorção de carboidratos. Ainda assim, aumenta a retenção de líquidos e, em fêmeas primíparas, um problema comum é o edema de úbere em função do baixo desenvolvimento circulatório, tendo como principal meio de prevenção e/ou tratamento a diminuição do mineral na dieta. O Na também é um componente da saliva dos ruminantes que auxilia na manutenção do pH ruminal para uma boa digestão.

O Cl é fundamental na regulação da pressão osmótica, do transporte de CO₂ e O₂ pelo sangue, e no equilíbrio ácido-base. Além disso, é constituinte do ácido clorídrico que é secretado pelo abomaso e cumpre um papel determinante na digestão das proteínas.

O sódio e o cloro (sal) proporcionam a função adequada dos sistemas nervoso e muscular. Ajudam a regular o pH do corpo e a quantidade de água retida no mesmo. Uma deficiência destes elementos provoca perda de apetite e ganhos de peso ineficientes ou perda de peso corporal. O Na é geralmente deficiente em dietas, mas os níveis de Cl são geralmente adequados. Ambos os minerais estão presentes em tecidos moles e fluidos e há muito pouco armazenamento desses elementos, de modo que uma fonte diária e constante deve ser fornecida.

Geralmente, os ruminantes necessitam de 0,1% de Na presente na ração. As necessidades diárias de Na para animais em crescimento e fêmeas gestantes não lactantes é de 1,5 g/100 kg de PV. A temperatura ambiente também influencia sobre a exigência do animal, de modo que quando a temperatura está entre 25 e 30 °C é adicionado 0,1 g/100 kg de PV para manutenção, já em temperaturas superiores a 30 °C é requerido um

adicional de 0,5 g/100 kg de PV também para manutenção. Para crescimento o animal entre 150 e 600 kg de PV exige cerca de 1,4 g/kg de ganho de peso.

Os bovinos exigem cerca de 0,1% de sódio em sua dieta diária. A deficiência de Na afeta o apetite, ganho de peso, armazenamento de energia e a síntese de proteína e gordura. Logo, os principais sintomas se manifestam no consumo de terra, urina, diminuição do apetite, perda de peso e pelagem opaca. Os ruminantes são os mais afetados, uma vez que o capim apresenta uma concentração baixa e deficiente de Na em sua composição. A intoxicação por Na pode ser agravada pela deficiência de K. No entanto, a intoxicação pode ser evitada desde que haja água em abundância e disponível aos animais à vontade. O nível máximo tolerável de sal na dieta do bovino deve ser de 4,5%. Para os bovinos a ingestão de 0,40 g/100 kg de PV já diminui a ingestão de alimentos.

Para o Cl os requerimentos se resumem basicamente através do Na, uma vez que o animal é suplementado através do NaCl. Uma maneira prática de atender às exigências de Cl é o fornecimento da mesma quantidade de Na, ou seja, uma relação 1:1. Logo, como os bovinos requerem 0,1% de Na para o Cl seriam as mesmas. Detalhadamente, para a manutenção o bovino exige 2,25 g/100 kg de PV e de 1 g/100 kg de PV para crescimento em animais entre 150 e 600 kg, já para o último terço da gestação o ideal é o animal ingerir 1 g/dia de Cl.

A deficiência de Cl dá-se pela carência de Na, uma vez que a suplementação é conjunta. No entanto, os principais sintomas da deficiência é a perda de peso, anorexia, letargia, polidipsia e poliúria. Em temperaturas maiores, as perdas de Cl pela sudorese são maiores que as perdas de Na. O excesso de Cl na dieta causa alterações no equilíbrio ácido-base. A intoxicação ocorre pelo consumo elevado de NaCl possuindo, com isso, os mesmos sintomas do Na.

O animal consumirá voluntariamente mais sal quando a forragem é jovem e succulenta (com 88% de absorção) do que quando amadurecida. O gado alimentado com silagem consumirá mais sal do que os alimentados com feno, e o consumo é maior em bovinos alimentados com dietas de altas fibras (volumosos) do que naqueles com dietas de alta concentração (rações).

A principal fonte de Na e Cl é o cloreto de sódio (NaCl) com 39% de Na e 60% de Cl possuindo uma absorção aparente de 100%. Como regra geral, o gado consome 0,005 a 0,010% do seu peso corporal de sal diariamente. Por exemplo, uma vaca adulta

pesando 550 kg deve consumir cerca de 27,5 gramas de sal/dia ($550 \text{ kg} \times 0,00005 = 27,5$ gramas).

c) Magnésio (Mg)

O magnésio é essencial para o funcionamento adequado de enzimas e do sistema nervoso e para o metabolismo eficiente dos carboidratos. Está presente na proporção de 0,05% do corpo do animal, sendo que 80% destes estão presentes nos ossos e o restante nos tecidos moles (o tecido muscular possui mais Mg do que Ca). O Mg é utilizado como solução tamponante do rúmen se utilizado na ordem de 6 a 10 kg por tonelada de ração.

As principais funções do Mg no organismo são a formação do esqueleto (ossos e dentes); transferência dos impulsos nervosos; como ativador de enzimas como as hexoquinases e atpases e participa da digestão da celulose no rúmen.

Os principais sintomas da deficiência de Mg são a queda da pressão sanguínea, hiperirritabilidade, incoordenação motora, convulsão e, em casos mais graves, a morte.

Uma deficiência de Mg é incomum, exceto para vacas pastando gramíneas em crescimento ou pequenas pastagens de grãos durante o final do inverno e início da primavera, o que pode causar tetania dos pastos (doença rara no Brasil), uma desordem metabólica grave e às vezes fatal. Uma alta taxa de nitrogênio e fertilização de potássio no solo contribui para a manifestação e/ou agravamento do quadro de tetania das pastagens (TP). O excesso de K inibe a absorção de Mg tanto na forragem como nos animais (relação de antagonismo). A TP geralmente ocorre após um longo período frio combinado com altos níveis de nitrogênio e fertilização do pasto com K. As vacas em lactação são particularmente suscetíveis a TP.

A TP geralmente pode ser evitada alimentando os bovinos com uma mistura mineral contendo óxido de magnésio. Uma mistura mineral contendo 10 a 14% de Mg consumido a 110 gramas por dia deve fornecer Mg adequado. A ingestão adequada de sal também é importante para a prevenção da TP. Deve-se evitar usar blocos duros para complementar o sal quando o gado está em risco de TP; logo, o mais indicado é o fornecimento de sal em uma forma solta para permitir o consumo adequado de sal e de forma à vontade. Quando a TP não é um risco, os blocos podem ser usados para complementar os minerais. Os animais com tetania respondem quase imediatamente a uma infusão intravenosa de gluconato de cálcio e magnésio.

Os bovinos de corte requerem cerca de 1 a 2 g de Mg/kg de alimento. Na formulação de 1 tonelada de ração o elemento deverá compor entre 6 a 10 kg do total.

Caso haja deficiência, é mais fácil fornecer o Mg como suplemento mineral na ordem de 15 g/vaca/dia e para o tratamento da deficiência é necessária a injeção subcutânea de 200 a 300 ml de sulfato ou lactato de Mg a 20%. O nível máximo de inclusão do Mg na dieta é de 0,6% (NRC, 2005).

O criador pode suplementar o animal junto com o bicarbonato de sódio na ordem de 270 g de bicarbonato e 180 g de óxido de Mg/vaca/dia. No organismo animal, apenas 16% do elemento é absorvido. Mesmo o milho, pobre em minerais, fornece 1,2 g/kg do mineral, quantidade suficiente para os bovinos de corte. As principais fontes de Mg são os farelos de trigo, algodão e de soja, o milho, a farinha de carne e ossos, o sulfato e o carbonato de Mg (com 44% de coeficiente de absorção) e o óxido de Mg (entre 28 e 49% de coeficiente de absorção).



Figura 1: bloco de sal rosa do Himalaia para bovinos e equinos.

d) Potássio (K)

O K é o terceiro mineral mais abundante do corpo e é um dos elementos primordiais para o animal, no entanto sua ingestão deverá ser diária, uma vez que não há depósito do mesmo no organismo animal.

As principais funções do K são sobre o equilíbrio ácido-base através da neutralização dos ácidos; na pressão osmótica; no balanço iônico com outros elementos; na transmissão nervosa; como freio para os batimentos cardíacos; na prevenção da tetania quando há excesso de Ca ou a deficiência de K; além de participar da síntese proteica, do metabolismo de carboidratos, da formação de glicogênio, da quebra da glicose e na quantidade de água retida no corpo.

A temperatura ambiente é um dos fatores que interfere na quantidade de K a ser exigida pelo gado. Estudos do NRC, 2001 demonstram que a uma temperatura entre 25 e 30 °C é necessária a adição de 0,04 g de K para cada 100 kg de PV para manutenção;

temperaturas superiores a 30 °C exigem a adição de 0,4 g de K para cada 100 kg de PV para manutenção.

As gramíneas, particularmente no início do crescimento, contêm quantidades adequadas de K para o gado em pastoreio e a suplementação é raramente necessária. No entanto, o K pode, ocasionalmente, ser encontrado em baixas concentrações em forragens estocadas ou feno que recebeu água da chuva antes do enfardamento, uma vez que o K é solúvel e vai lixiviar a partir da forragem.

Uma deficiência de K é difícil de ocorrer em condições de pastejo, no entanto, quando se fornece uma dieta rica em concentrado como as usadas em sistema de confinamento, uma deficiência pode ocorrer; o consumo elevado de sal (NaCl) e condições estressantes também podem ocasionar uma deficiência. Os sinais de deficiência são de difícil percepção, no entanto, incluem um retardo no crescimento (carência no metabolismo proteico), fraqueza muscular, paralisia, redução do consumo de alimentos, perda de peso, queda de pelo e consumo de terra na tentativa de suprir o mineral no organismo. A intoxicação é rara, no entanto, o nível máximo permitido é de 2% da dieta dos bovinos de corte. O excesso de K é excretado na urina.

Em geral os grãos possuem uma menor concentração do elemento do que as forragens. As forragens geralmente possuem níveis superiores a 1% em sua composição com uma absorção de 85%, o que as torna a melhor fonte de K para o gado que exige 0,65% de K na dieta. Outras fontes de K são o cloreto e o sulfato do mesmo com uma absorção superior a 90%.

e) Enxofre (S)

O enxofre é uma parte dos aminoácidos sulfurados essenciais como a metionina, cistina, cisteína, homocisteína e taurina que compõem as proteínas. Como o rúmen sintetiza os aminoácidos sulfurados, a suplementação para bovinos de corte pode ser através de fontes de S inorgânicas. As principais funções do S limitam-se a constituição de compostos orgânicos essenciais para o organismo, podemos citar compostos da cartilagem, do trato gastrointestinal e reprodutivo e da queratina presente nos chifres, cascos, pele e pelos. Também atua como pontes dissulfeto sobre enzimas como a glutatona peroxidase (do metabolismo oxidativo) e ainda sobre o equilíbrio iônico usado para a formulação de dieta aniônica para vacas no pré-parto.

Uma deficiência de enxofre na dieta de bovinos de corte não é provável que ocorra em condições normais de alimentação, porém é bastante comum. Um dos sintomas da

deficiência do mineral é o baixo desenvolvimento e crescimento do animal já que o mesmo é primordial para a síntese proteica. Outros sintomas da carência estão relacionados com a formação inadequada dos compostos que são constituídos pelo elemento e que estão presentes nos chifres, pelos, cascos e pele. Por sua vez, é mais provável que o elemento esteja presente em excesso, o que pode interferir no metabolismo do cobre, resultando em uma deficiência de Cu (relação de antagonismo). Além disso, o excesso de S pode reduzir a ingestão de alimentos e causar uma condição de lesão cerebral conhecida como polioencefalomalacia (PEM).

O excesso de S causa intoxicação que é comum em bovinos de corte já que sua dieta é suplementada com o elemento. O nível considerado tóxico é de 0,3% em dietas com alto concentrado e de 0,5% em dietas com alta forragem. Os bovinos de corte requerem a presença de enxofre na dieta na razão entre 0,08 e 0,16% (NRC, 2016).

A principal fonte de S seria a flor de enxofre ou enxofre elemental que possui 96% do mineral, mas com menor biodisponibilidade. Outras fontes de S são o ventilado com 70% de S e os compostos misturados, isto é, que não possuem somente S como o sulfato de magnésio com 13%, sulfato de P com 18% e sulfato de sódio com 35% de S. Certos subprodutos, como os grãos de destiladores e o glúten de milho, contêm concentrações mais elevadas de S, que devem ser tidas em conta no equilíbrio da ração. O S é frequentemente adicionado indiretamente à mistura mineral através de formas de sulfato dos microminerais.

• MICROMINERAIS

Os bovinos de corte requerem cerca de 10 microminerais. Sete dos 10 microminerais estabeleceram requisitos, incluindo ferro, manganês, cobre, zinco, selênio, cobalto e iodo. Os microminerais cromo, molibdênio e níquel não têm uma exigência estabelecida e não são, normalmente, adicionados a misturas minerais na dieta dos bovinos de corte. Apenas três dos microminerais (cobre, zinco e selênio) são susceptíveis de ser deficientes em dietas de bovinos à pasto. Além disso, os microminerais acumulam-se mais no fígado que em qualquer outra parte do corpo, com exceção de manganês que se acumula mais nos ossos que no fígado.

a) Cobalto (Co)

O cobalto funciona como um componente da vitamina B₁₂, que é sintetizada no rúmen pelas bactérias. Somente 3% do mineral na dieta é utilizado na síntese da vitamina.

As principais funções do elemento estão associadas a vitamina que desempenha um papel de importância no organismo como matéria-prima dos microrganismos ruminais para a formação de propionato (ácido graxo volátil importante na síntese da glicose), síntese de purinas e pirimidinas, síntese de metionina, formação de proteínas, metabolismo de carboidratos e gorduras, além de ser necessária para a síntese de hormônios da tireoide.

Os bovinos de corte exigem a presença do elemento em 0,15 mg/kg de dieta. A deficiência inclui sinais como diminuição do consumo de alimentos, crescimento retardado, anemia, baixa imunidade por dano na função dos neutrófilos e pelagem opaca. Os bezerros e novilhos são mais susceptíveis a deficiência. Na prática, geralmente é adicionado na mistura mineral em aproximadamente 10 ppm (0,01 g/kg) para garantir que não haja deficiência. A intoxicação por Co é difícil de ocorrer, no entanto afetam os animais que não recebem suplementação, quando há intoxicação os principais sintomas são a diminuição do consumo de alimentos, perda de peso e alterações no sangue. Os bovinos toleram níveis máximos de até 25 mg/kg/dieta.

Os requerimentos do mineral aumentam conforme é fornecida uma dieta fundamentalmente concentrada. A maioria das forragens e subprodutos da agroindústria possuem níveis adequados de Co (entre 0,1 e 0,5 mg Co/kg de MS), no entanto os solos alcalinos limitam a absorção do mineral pelas plantas. Estudos indicam que a adição de Co na ordem de 0,25 a 0,35 mg/kg de MS aumentam a digestão de forragem de baixa qualidade e aumenta a população de bactérias anaeróbias no rúmen em até 50%. Dietas de grãos exigem mais Co do que dietas à base de forragem, e o Co deve sempre ser incluído na mistura mineral ao alimentar os animais com dietas à base de grãos.

As principais fontes de suplementação de Co para os bovinos é o sulfato (25% Co) e o óxido (72% Co).

b) Cobre (Cu)

O cobre é um dos elementos com maior incidência de deficiência micromineral dos bovinos. O Cu é um componente importante de muitos sistemas enzimáticos essenciais para o crescimento e desenvolvimento do animal. Suas funções estão relacionadas com o crescimento adequado, o correto funcionamento dos glóbulos vermelhos já que libera ferro pela ação da ceruloplasmina, formação de colágeno, produção de melanina, a reprodução e a imunidade.

Em conjunto com o Mo e o S faz parte de sistemas enzimáticos envolvidos com o metabolismo de vitaminas e nucleotídeos. No entanto, pela relação de antagonismo, esses

dois elementos podem diminuir o grau de absorção de Cu no organismo, logo para os animais mantidos a pasto é ideal manter o balance entre o Cu e Mo entre 2:1 e 4:1. A quantidade de Cu absorvível é menor nas forragens do que em silagens e fenos.

Os bovinos de corte exigem 10 mg/kg/dieta de Cu diariamente, caso não atendida essas exigências a deficiência e complicações começam a aparecer precocemente. Os sinais de deficiência incluem fertilidade reduzida, anestro pós-parto, retardo da puberdade, diminuição das taxas de concepção, diminuição da libido, diminuição do processo de espermatogênese em touros, baixa imunidade e, com isso, aumento da susceptibilidade a doenças, além da pigmentação reduzida da pelagem (pelo preto muda para vermelho), e anemia já que o Cu está relacionado com a transformação do Fe para ser utilizado pelo organismo. Deficiências alimentares podem ocorrer, como no caso as gramíneas do gênero *Brachiaria* que possuem baixa concentração do mineral, mas a maioria das deficiências é causada pelo consumo de antagonistas, o que reduz a absorção de Cu.

Uma vez que o elemento atua em conjunto com outros minerais como Fe, Mo, S, Se e Zn, pode ser apresentada uma deficiência caso esses minerais estejam em excesso, logo não podem superar os seguintes valores: > 0,4% para o S, > 500 ppm para o Zn, > 400 ppm para o Fe e > 150 ppm para o Mo, uma vez que afetam a absorção do Cu no intestino. Deve-se dar ênfase que em bovinos a carência deste elemento pode causar mortes súbitas em animais gordos em virtude da fibrose do miocárdio.

De todos os minerais o Cu é o que apresenta maior risco de intoxicação. A intoxicação por Cu é comum em bovinos, uma vez que são sensíveis. O nível máximo que os bovinos suportam é de 40 mg/kg. Caso haja excesso na dieta produz-se hemólise, icterícia, metahemoglobinemia, necrose e morte.

O Cu deve ser suplementado como sulfato de cobre (25% Cu), cloreto de cobre tribásico (TBCC) ou uma forma orgânica complexa, já que o óxido de cobre é muito mal absorvido. Também podem ser utilizados o carbonato (51%) ou o hidróxido (63%). A adubação da pastagem também pode ser uma forma, porém não há garantias de absorção pela planta.

c) Iodo (I)

O iodo é um mineral essencial para a função dos hormônios da tireoide (T_3 e T_4) que regulam o metabolismo energético e é importante para a manutenção da taxa metabólica.

Os bovinos de corte exigem uma quantidade de 0,5 mg/kg de dieta diariamente deste mineral. A incorporação do I na dieta animal é de 0,4 mg/kg para bezerros e de 1,3 g/dia para novilhas não prenhes. No último terço da gestação as vacas exigem cerca de 1,5 g/dia, enquanto vacas em lactação de 4 a 4,5 g/dia. Quando essas exigências não são atendidas, a deficiência produz aumento no tamanho da tireoide, diminuição da taxa metabólica, retardamento do crescimento, baixo peso ao desmame, aumento da susceptibilidade a doenças, problemas podais, além dos problemas e falhas reprodutivas. As vacas que apresentam deficiência de I apresentam retenção de placenta e os bezerros podem nascer cegos, prematuros, sem pelos ou até mesmo mortos.

A intoxicação não é comum e quando ocorre deve-se a possíveis erros na formulação da dieta. Produz-se então o aumento da secreção nasal e ocular, além da salivação sinais apresentados em bezerros com uso prolongado o I orgânico. Já os sintomas posteriores se resumem no aumento da taxa metabólica, diminuição da ingestão de alimentos, baixa imunidade e problemas na fertilidade. Os bovinos toleram um nível máximo de 50 mg/kg de ração. Com a eliminação do excesso os animais tendem a se recuperar precocemente.

O I raramente é deficiente em determinados rebanhos de vacas. É geralmente suplementado como di-hidriodeto de etilenodiamina (EDDI). A suplementação legal máxima de EDDI é de 50 mg/cabeça/dia. Em alguns casos, o EDDI foi incluído em dietas para evitar a podridão dos cascos; no entanto, a quantidade de EDDI necessária para evitar a podridão dos cascos é muito maior do que os requisitos e provavelmente não vai evitar a podridão dos cascos quando incluído no máximo legal. Porém as fontes mais comuns de suplementação prática são o iodato de cálcio e o iodato de potássio com 60% de I.

A concentração de I nas forragens varia bastante, entre 0,01 mg/kg até a 1 mg/kg, e depende do solo em que estão cultivadas.

d) Ferro (Fe)

O ferro é principalmente necessário para a formação da hemoglobina (0,355%) molécula encarregada do transporte de O₂ e CO₂ no organismo; também é componente da mioglobina e de enzimas que auxiliam na respiração celular; além disso faz parte de componentes que transportam o elemento pelo organismo e que depositam o mineral nos tecidos.

Os requerimentos de Fe são baixos, bovinos exigem a presença de 50 mg do mineral por kg de dieta diária. A eficiência de absorção do elemento é maior em animais

jovens (bezerros (as) e novilhos (as)) possuindo um coeficiente de 60%, no entanto a eficiência de absorção cai para 2% em animais adultos. Os animais jovens podem estar susceptíveis a deficiência uma vez que a dieta é fundamentalmente láctea e que o leite da vaca possui uma baixa presença do mineral em sua composição (37 mg/l).

Os bezerros são mais susceptíveis a deficiência de Fe, já que o leite é pobre no mineral. Quando há a carência os sintomas incluem anemia, imunidade baixa, aumento na presença de doenças, diminuição do consumo de alimentos, baixo índice de crescimento e diminuição do ganho de peso e, em casos graves, a morte. A deficiência de Fe é raramente observada em bovinos alimentados com volumosos já que diversos solos possuem o mineral disponível em níveis adequados para a absorção pelas plantas. As plantas forrageiras dos trópicos oferecem níveis elevados do mineral em sua composição, na ordem de 80 a 300 ppm/kg de MS.

A intoxicação por Fe é difícil de acontecer, entretanto a quantidade máxima permitida para bovinos é de 500 mg/kg de dieta. A intoxicação está associada com um baixo consumo de alimentos, diminuição do ganho de peso e na eficiência alimentar, diarreia, hipotermia e morte em casos graves. As bactérias ruminais utilizam o Fe livre para seu crescimento, portanto um excesso do elemento aumenta a susceptibilidade a problemas como a acidose metabólica.

Alimentos ricos em Fe geralmente são os de origem animal. As sementes de leguminosas são mais ricas do que as forragens frescas. O óxido de ferro (70%) é frequentemente incluído em misturas minerais, mas não está disponível para o animal já que não é absorvível, servindo apenas como um agente corante para dar ao mineral uma cor vermelha escura. O sulfato de ferro (20%) está disponível para o animal e deve ser usado se a suplementação com Fe for necessária. Outras fontes de suplementação são o carbonato ferroso (42%), cloreto férrico (21%) e o fosfato de ferro (28%).

e) Manganês (Mn)

O manganês é necessário para a reprodução, desenvolvimento fetal e do úbere. À medida que a concentração na dieta aumenta, a concentração do mineral é incrementada nos tecidos reprodutivos, sugerindo uma relação direta entre o Mn e a fertilidade. Está relacionado com várias funções dentre as quais estão a ativação e constituição de diversas enzimas, metabolismo de lipídeos e carboidratos e o crescimento ósseo.

Os requerimentos variam de acordo com o estado fisiológico e de produção. Por exemplo, a exigência para bovinos de corte varia entre 20 e 40 mg/kg de dieta. Animais

em crescimento e ganho requerem 20 mg/kg na dieta, enquanto vacas gestantes e em lactação exigem 40 mg/kg na dieta. O leite da vaca contém 0,03 mg/kg ou por litro, o que faz com que os animais jovens ou recém-nascidos possam apresentar deficiência desse mineral.

A deficiência de Mn é rara e pouco provável que seja um problema para os bovinos à pasto no Brasil. A carência causa alteração no crescimento, anormalidades do esqueleto e das articulações, encurtamento dos tendões em recém-nascidos, baixo peso ao nascimento e alterações reprodutivas como degeneração testicular, esterilidade, anestro,aios silenciosos, falta de cio e abortos.

A intoxicação por Mn é difícil de ocorrer, uma vez que os níveis máximos são elevados para bovinos sendo 2 g/kg na dieta. Entretanto, o Mn atua com outros minerais que podem afetar seu limite total.

As pastagens do Brasil possuem níveis acima das exigências dos animais, uma vez que há disponibilidade do elemento no solo, entretanto há algumas áreas deficientes. Os pastos do gênero *Brachiaria* possuem níveis adequados de Mn (120 e 400 ppm/kg de MS). O óxido de manganês e o sulfato de manganês (27%) são a forma mais comum desse mineral usado em misturas minerais com um coeficiente de absorção de 0,75%. As dietas à base de milho possuem baixas concentrações de Mn e a suplementação faz-se necessário caso haja alimentação com essas dietas.

Em dietas com alto excesso de Ca e P inibe-se a absorção e aumenta-se a excreção do elemento nas fezes. Em bezerros, o alto excesso de Fe também diminui a absorção de Mn.

f) Selênio (Se)

Por muito tempo esse mineral foi taxado de tóxico aos animais, no entanto a partir do século XX é que se descobriu a essencialidade deste elemento nas funções antioxidantes, no metabolismo de lipídeos, no processo de imunidade e na síntese de hormônios da tireoide. O selênio é um mineral relativamente deficiente em algumas áreas do Brasil.

Os bovinos requerem em média 0,1 mg/kg na dieta, tolerando até o nível máximo de 5 mg/kg na dieta. A deficiência de Se causa doença do músculo branco (semelhante à distrofia muscular) em bezerros recém-nascidos, também pode fazer com que os bezerros sejam fracos ao nascer e aumentar sua suscetibilidade a doenças de calefação como os batedores, além de aumentar a taxa de mortalidade pré-desmame. Taxas aumentadas de

placentas retidas e desempenho reprodutivo ruim são frequentemente observadas em vacas com deficiências desse mineral.

A intoxicação por Se não é rara, porém níveis superiores a 5 mg/kg tornam-se tóxicos aos bovinos. A intoxicação pode ser crônica apresentando baixa vitalidade, pelos ásperos, perda de apetite, crescimento do casco e anemia; ou aguda apresentando cegueira, salivação e paralisia.

Há plantas que acumulam Se a ponto de ocasionar intoxicação aguda no animal, essa maior concentração está relacionada com a presença do mineral no solo. Geralmente, solos ácidos ($\text{pH} < 6$) são pobres neste elemento, em contrapartida, solos alcalinos ($\text{pH} > 8$) são ricos em Se. As folhas das plantas apresentam de 1,5 a 2 vezes mais Se que os talos; e as sementes possuem uma concentração alta.

Muitos subprodutos da agroindústria, com exceção dos derivados do leite, possuem uma alta concentração de Se. A farinha de pescado possui, em média, mais de 1 mg de Se/kg de MS, porém sua eficiência de absorção é baixa. Plantas forrageiras possuem um coeficiente de absorção de 31% e os concentrados possuem uma eficiência de 61% de absorção pelo animal. A suplementação com esse mineral aumenta seu teor no leite da vaca que é de 0,01 a 0,025 mg/kg ou por litro, o que é benéfico ao animal jovem.

A FDA (fibra em detergente ácido) permite que o selênio seja usado em um nível não superior a 0,3 ppm (ou até 0,10 mg/kg) da matéria seca na dieta total de bovinos de corte. Nas zonas em que ocorrem deficiências, o ideal é a administração do nível legal máximo. A FDA permite que até 120 ppm sejam incluídos em uma mistura sal-mineral para alimentação de escolha livre.

O Se é geralmente adicionado a misturas minerais na forma de selenito de sódio (45%), mas há as formas orgânicas do elemento como o selênio levedura e o selênio metionina ambos com teores variando entre 1000 e 2000 mg de Se/kg de produto. O selênio é muito tóxico e deve ser usado apenas na forma pré-misturada. A deficiência de Se não deve ser um problema se as quantidades adequadas de Se são balanceadas no suplemento mineral. No entanto, a concentração de Se no suplemento e na ingestão rotulada não deve resultar numa ingestão total superior a 3 mg por dia. Assim, um mineral marcado para a ingestão de 0,10 gramas por cabeça por dia não pode exceder 26 ppm de Se. O Se pode ser suplementado na ração, na mistura mineral, na forma de pellets ou mesmo injetável.

g) Zinco (Zn)

Este elemento pode ser encontrado nos ossos, sangue e nos pelos. O Zn é um elemento que possui funções catalíticas, estruturais e regulatórias. É um importante componente de sistemas enzimáticos que afetam o metabolismo de lipídeos, proteínas, glicose, hormônios da tireoide e ácidos nucleicos. Também é de suma importância para a espermatogênese e o desenvolvimento dos órgãos sexuais primários e secundários no macho e para uma resposta imune adequada e a calcificação dos ossos. Além disso, é fundamental para a saúde da pele e dos cascos.

Os Bovinos de corte exigem 30 mg de Zn/kg na dieta, tolerando níveis de até 500 mg/kg/ração. Os depósitos deste elemento são baixos no organismo. A utilização de formas orgânicas como o zinco metionina melhoram o ganho de peso de bovinos à pasto. Quando as exigências não são atendidas a deficiência pode produzir crescimento retardado, perda de apetite, baixa eficiência alimentar, alopecia, lesões podais e na pele, baixa taxa de concepção, aumento de distocias, alteração do estro e na resposta imunológica e, nos machos, retardamento da puberdade e diminuição dos testículos e da libido. Quando é fornecido níveis superiores ao máximo legal há intoxicação, porém é de difícil manifestação e os sintomas se reduzem a recusa na ingestão de alimentos, fraqueza e anemia.

O zinco é um elemento marginal a deficiente na maioria das forragens brasileiras. O gado tem uma capacidade limitada para armazenar Zn e a suplementação é sempre necessária. A absorção de Zn é de 15% e está intimamente ligada à absorção de cobre, e a relação zinco-cobre deve ser mantida em aproximadamente 3:1. Além disso, altos níveis de ferro podem diminuir a absorção de zinco. A absorção do Zn diminui uma vez que a proporção de ferro para zinco excede 2:1. Altas concentrações de Ca na dieta diminuem a absorção e aumentam os requerimentos de Zn.

Algumas forragens possuem boa disponibilidade de Zn o que é essencial para a metionina, quando isso não acontece, faz-se necessário a suplementação com Zn tanto para o funcionalismo enzimático quanto para a saúde dos cascos e, assim, melhorar os ganhos diários e a eficiência alimentar.

Nas forragens, o nível de Zn é relativamente baixo (20 ppm), enquanto os grãos de cereais possuem em média 35 ppm. Deve-se suplementar os bovinos em pastejo e sob condições de estresse. As fontes proteicas são ricas em Zn enquanto as energéticas são pobres. Para a suplementação prática, a forma orgânica tem apresentado melhores

resultados, dentre as inorgânicas tanto o sulfato (22 a 30%) quanto o óxido (70 a 80%) possuem boa disponibilidade, sendo o óxido o mais recomendável e utilizado.

h) Molibdênio (Mo)

O Mo é um mineral exigido em doses pequenas, porém essencial. Frequentemente estuda-se este mineral juntamente com o Cu, uma vez que este interfere na absorção do mesmo. É um importante componente e atuante em enzimas que afetam o metabolismo de purinas, pirimidinas e niacinas. Além disso, é constituinte de enzimas do leite e dos tecidos.

Como é um mineral exigido em doses pequenas, a deficiência é difícil de ocorrer. Os sintomas de deficiência são análogos aos do Cu, podendo haver anemia e crescimento retardado em função da dificuldade de utilização do Fe. A intoxicação é comum em animais criados à pasto sob um solo com pH elevado. Como a maioria dos solos do Brasil são ácidos é pouco comum a intoxicação, entretanto podem acontecer tendo como principais sintomas os mesmos da deficiência de Cu, podendo haver ainda anemia, diarreia e diminuição da espermatogênese. Os bovinos toleram um nível máximo de 5 mg de Mo/kg/dieta. A absorção de Mo é melhorada com suplementação de Cu, da mesma forma, já que Mo e Cu são antagonistas, uma das formas de minimizar a intoxicação por Mo é o fornecimento de Cu.

Geralmente os alimentos possuem níveis acima das exigências dos animais, porém em concentrações não tóxicas. As principais fontes de suplementação são o molibdato de sódio (40%) e molibdato de amônio (54%).

i) Níquel (Ni)

Apesar de ser um mineral considerado essencial, sua função principal não é bem definida, sabe-se que participa da ativação de enzimas sobre o metabolismo proteico e energético, e importante para as bactérias por participar das hidrogenases e urease.

A absorção é relativamente baixa variando entre 1 e 5%. Possui interações com o Fe, Zn, Ca e Mg. A falta de Ni pode prejudicar a absorção de Fe, por outro lado, concentrações grandes de Fe prejudicam a absorção de Ni. Se houver falta de Ni o nível de Zn no organismo animal poderá diminuir.

No que se refere a deficiência, devido a concentração adequada do mineral nos alimentos a carência em condições normais é de difícil acontecimento. As exigências para os bovinos são pequenas, é recomendável uma dieta que contenha 0,3 ppm de Ni. A

intoxicação por Ni é quase ou sempre rara, uma vez que para que haja sintomas de intoxicação será preciso a presença de Ni em 3000 vezes a exigência, isto é, os bovinos toleram o elemento em até 1000 mg/kg de ração.

A principal fonte de suplementação é o cloreto de níquel hexahidratado (50%). Os alimentos geralmente possuem níveis adequados do elemento, exceto os energéticos que são ricos em amido e pobres em minerais. As pastagens possuem até 3,5 mg de Ni/kg de MS e os concentrados proteicos como o farelo de soja e o de girassol possuem até 8 mg de Ni/kg de MS, ou seja, possuem teores maiores que as exigências dos animais sendo as melhores fontes para sua suplementação natural.

A tabela 1 descreve as principais funções dos macros e microminerais e as principais fontes para os bovinos de corte criados no sistema de pastejo.

Tabela 1: os minerais e suas funções nos bovinos de corte

Macro	Funções	Fonte	Composição corporal (%)
Ca	Formação dos ossos e dentes, função nervosa e muscular	Pastos e forragens	1,33
P	Reprodução, formação de ossos e dentes (relação íntima com Ca)	Grãos	0,74
Mg	Crescimento, reprodução e funções metabólicas	Suplemento mineral	0,04
K	Funções metabólicas	Pastos e forragens	0,19
N	Funções metabólicas, formação de aminoácidos nitrogenados no rúmen	Forragens e grãos	—
Na	Regulação da pressão osmótica e equilíbrio ácido-base, manutenção do líquido corporal, impulsos nervosos, contração muscular e do coração, auxiliam na passagem de nutrientes, na retirada de resíduos das células e absorção de vitaminas hidrossolúveis (riboflavina, tiamina e ácido ascórbico)	Sal comum	0,16
Cl			0,15
S	Síntese de aminoácidos sulfurados, de vitaminas do complexo B, componente de enzimas e hormônios (insulina e ocitocina), crescimento microbiano	Forragens e suplemento mineral	0,11
Micro	Funções	Fonte	Composição corporal (%)

Cr	Resposta imune, fator de tolerância a glicose	Grãos	0,3
Co	Componente da vitamina B ₁₂	Leguminosas	
Cu	Formação da hemoglobina, metabolismo tecidual	Forragens e grãos	
I	Produção de hormonas da tireoide, metabolismo energético	Pastos e forragens	
Mn	Reprodução	Pastos e forragens	
Mo	Atividade enzimática	Pastos e forragens	
Se	Antioxidante	Forragens e grãos	
Zn	Atividade enzimática, glutathione peroxidase	Leguminosas	

Fonte: OLIVEIRA, 2005 e adaptação de GILL *et al.*, 2004.

2. MINERAIS TÓXICOS

Alguns minerais são considerados tóxicos para os bovinos mesmo em dosagens muito pequenas. Todavia, alguns ainda podem ser considerados essenciais, mas em dosagens recomendadas por especialistas.

a) Arsênio (As)

É um elemento considerado tóxico e inibidor de vários sistemas enzimáticos. É encontrado em inseticidas e pesticidas, logo o manejo de aplicação de produtos nas pastagens pode ser crucial para a intoxicação dos animais. As plantas absorvem pouco ou quase nada desse mineral através do solo. O nível máximo desse elemento deve ser de 30 mg/kg/ração. Já as exigências situam-se entre 25 e 50 µg/kg, bem abaixo dos níveis que se encontram nos alimentos.

b) Cádmio (Cd)

Esse elemento pode ser encontrado em plantas e nos tecidos dos animais. As plantas, por sua vez, refletem o nível do elemento presente no solo. Os fertilizantes e os fosfatos utilizados na nutrição animal podem conter níveis preocupantes em sua composição. Experimentos com esse mineral indicaram problemas no crescimento e na reprodução. Em dietas normais, o nível desse elemento é maior que as indicações. Como é de difícil excreção, este elemento tende a acumular-se no organismo ocasionando danos hepáticos e destruição do epitélio intestinal além de diminuir o desempenho produtivo do animal. O nível máximo deve ser de 10 mg/kg/ração.

c) Chumbo (Pb)

O Pb pode ser preocupante em pastagens próximas a rodovias. As fontes de elementos minerais como a de manganês podem conter altos níveis de chumbo. Os principais efeitos deste elemento são tóxicos e estão associados a diminuição da ingestão de alimentos e da imunidade, efeitos neurológicos, cólicas e anemia. A recomendação máxima deve respeitar uma concentração de até 100 mg/kg/ração.

d) Flúor (F)

Na prática, o F é o elemento tóxico de maior importância, uma vez que em quantidades pequenas (1 mg/kg/dieta) pode aumentar a resistência dos dentes ou ainda destruir os microrganismos que atacam o mesmo, já em quantidades maiores pode atacar e destruir os dentes. Apesar de estimular a enzima piruvato quinase, ele é um potente inibidor de vários sistemas enzimáticos. Já que o F possui uma relação direta com o P, uma forma prática de evitar a intoxicação é manter uma relação de 60:1 entre ambos. O nível máximo tolerável para os bovinos é de 40 mg/kg/dieta.

e) Mercúrio (Hg)

É um mineral tóxico sem precedentes. Pode ser encontrado naturalmente no solo, mas também através da ação do homem e em produtos da agricultura como fungicidas. A recomendação máxima de Hg é de 2 mg/kg/dieta. As fontes de Hg são a água e alimentos contaminados. Em decorrência de água contaminada, a farinha de peixe e pescados podem conter níveis elevados.

3. MINERAIS PRESENTES NAS GRAMÍNEAS

As gramíneas brasileiras possuem boa disponibilidade de macro e microminerais em sua composição bromatológica (tabela 2). No entanto, segundo a literatura, nos trópicos há uma deficiência ou toxidez natural de alguns minerais essenciais para os bovinos, como o Ca, P, Co, Mn, Se e Zn, sendo os principais minerais que apresentam essas características benéficas ou desvantajosas no Brasil (Adaptação de McDowell, 1999). Com isso, faz-se necessário a suplementação em épocas de deficiência, ou a atenção imediata aos níveis tóxicos em épocas de maior disponibilidade desses minerais.

Na época das chuvas em demasia, o solo fica com um pH baixo, derivado do excesso de Al no solo, uma forma de aumentar o pH tornando-o mais neutro possível e de diminuir a presença do Al tóxico aos animais é a calagem com calcário. Os solos do

Brasil possuem características particulares conforme cada região, no entanto, é fácil afirmar que o país possui uma deficiência natural de elementos essenciais como o P. Uma das formas mais econômicas para aumentar a concentração de minerais de gramíneas e forrageiras é a adubação do solo onde são cultivadas. No entanto, para o P a forma mais eficiente e econômica é o fornecimento do mesmo no cocho.

Adubar o solo para muitos pode ser desperdício de dinheiro, no entanto, a afirmação é errada. As características bromatológicas de gramíneas, forrageiras e leguminosas podem ser alteradas com a simples administração de minerais ou de adubos orgânicos ao solo. Com a adubação do solo, com nitrogênio por exemplo, para o melhor desempenho e composição química das plantas forrageiras, pode influenciar também no consumo de alimentos por animal, na massa seca, taxa de lotação e no ganho de peso diário (figura 2).

Um estudo realizado no Quênia com 58 gramíneas cultivadas em solos com as mesmas características dos solos brasileiros, revelaram as seguintes variações na concentração de minerais em kg de MS: cinzas 4% ou 12,2%; Ca 0,09 a 0,55%; P 0,05 a 0,37%. Essa concentração mineral depende da interação de vários fatores, dentre os quais estão o solo, a espécie forrageira, o estado de maturidade, o rendimento, o manejo das pastagens e o clima. Geralmente, as plantas herbáceas e leguminosas possuem uma maior concentração tanto de minerais quanto de outros nutrientes essenciais.

Deve-se enfatizar que a idade da planta influencia em sua composição mineral (tabela 3), uma vez que ocorre o processo de diluição e da translocação dos minerais para o sistema radicular da planta.

As principais espécies de gramíneas do Brasil são a *Brachiaria decumbens*, *Panicum maximum* e *Pennisetum purpureum* com as seguintes características minerais.

Tabela 2: principais minerais presentes nas gramíneas brasileiras

Espécie	Mineral (g/kg)					
	N	P	K	Ca	Mg	S
<i>Brachiaria decumbens</i>	17	2,6	17,7	5,3	3,4	1,4
<i>Brachiaria humidicola</i> (%)	-	0,13 – 0,2	1,1 – 1,7	0,13 – 0,2	0,17 – 0,21	0,11 – 0,18
<i>Panicum maximum</i>	18,8	1,7	21,1	6,4	2,6	1,2

<i>Pennisetum purpureum</i>	23,5	2,1	24,8	4,4	2,5	1,0
-----------------------------	------	-----	------	-----	-----	-----

Fonte: Adaptação de vários autores.

Tabela 3: variação da composição mineral em função da idade da planta

Forrageira	Idade (dias)	Composição da Matéria Seca						
		N	P	K	Ca	Mg	Zn	Mn
		%					ppm	
Colonião	28	2,4	0,14	2,33	0,34	0,23	34	-
	70	1,26	0,08	2,53	0,31	0,14	32	-
Gordura	28	2,54	0,18	2,3	0,27	0,25	135	106
	70	1,34	0,05	1,7	0,2	0,18	97	136
Elefante	28	-	0,33	2,38	0,61	0,42	40	138
	140	-	0,11	0,34	0,43	0,36	33	128
Pangola	28	-	0,19	1,32	0,56	0,39	35	192
	140	-	0,12	0,37	0,66	0,39	31	317
Jaraguá	28	-	0,28	1,68	0,4	0,46	51	-
	84	-	0,11	0,57	0,23	0,58	37	-

Fonte: Adaptação de BERCHIELLI *et al.*, 2006.

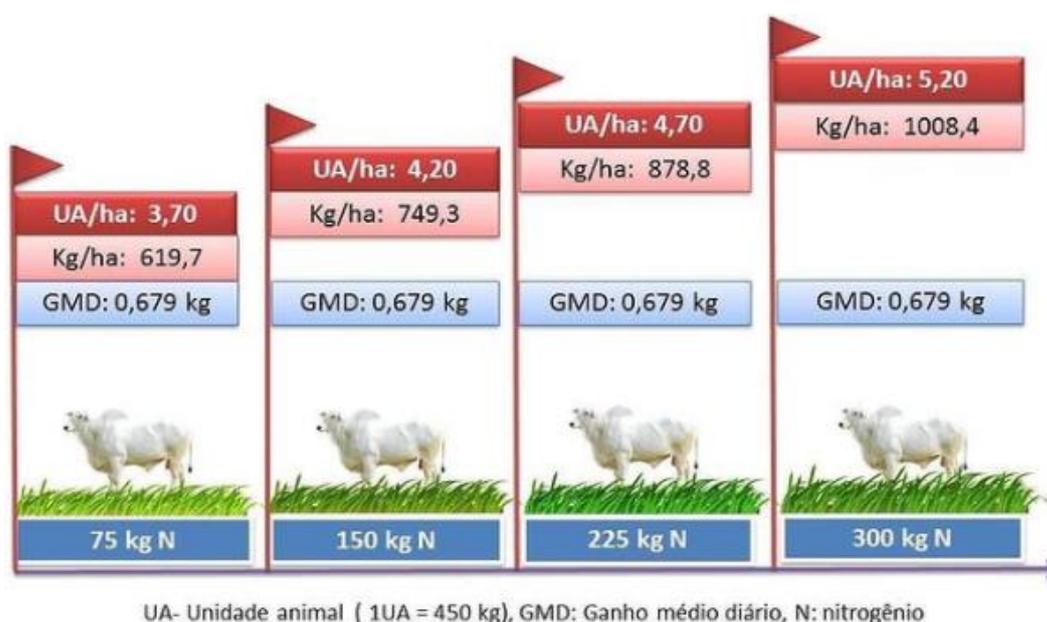


Figura 2: Efeito da adubação nitrogenada sobre o desempenho de bovinos de corte. Fonte: Pastagem com Ciência, Instagram: sobre adaptação de MOREIRA, L. M. *et al.*, 2011.

4. FATORES QUE AFETAM A INGESTÃO DE MINERAIS

Controlar a ingestão de minerais no nível desejado é uma tarefa difícil uma vez que a ingestão flutua. Deve-se, então, monitorar a ingestão dos minerais por muitas semanas para antes da implementação de um manejo que altere a ingestão dos mesmos. Se a ingestão for muito alta ou baixa, deve-se mover o cocho de suplementação para mais perto ou mais longe da fonte de água em várias áreas da pastagem. Quando o gado está consumindo o suplemento em excesso o sal é muitas vezes adicionado para reduzir a quantidade de minerais que o gado ingere. O nível de sal possui um impacto significativo sobre a ingestão de minerais e é facilmente alterado para o controle da quantidade de suplemento que o animal ingere; no entanto, deve-se levar em consideração a adição do sal ao se determinar a correta ingestão diária. Por exemplo, se um suplemento mineral possui uma recomendação de taxa de alimentação de 113 g/dia é misturado em uma proporção de 50:50 com sal branco, então o gado deve consumir 226 g/dia desse suplemento. Isso forneceria para o animal a quantidade inicial de 113 g/dia do mineral mais 113 g/dia de sal adicionado. Quando o consumo é insuficiente, deve-se mudar para um suplemento mais seco, melado ou alterar a marcas para um mineral mais palatável ao gado. Além disso, deve-se ter em mente que os bezerros podem consumir quantidades significativas de minerais e isso deve ser considerado antes da diminuição do nível de alimentação, isto é, diminuição do consumo de MS/dia.

Se a ingestão de minerais for inadequada, deve-se adicionar um alimento mais palatável a mistura, com uma característica de sabor ao animal. Alimentos como o farelo de algodão, farelo de soja, melaço e grãos de destilaria melhoram a palatabilidade e a ingestão dos suplementos. A ingestão do suplemento pode melhorar quando o cocho estiver perto da fonte de água ou quando se troca a marca do suplemento escolhendo um com mais palatabilidade.

Monitorar regularmente o consumo de minerais para manter um registro do número de animais e das quantidades de consumo é importante para combater a ingestão em potencial ou deficiente do suplemento evitando possíveis problemas de deficiência e/ou intoxicação.

4.1 Alimentadores minerais

A colocação do alimentador (cocho) é uma parte importante do fornecimento de minerais para o rebanho. Deve certificar-se que exista um número adequado de cochos

para a taxa de lotação existente na pastagem. Uma forma prática é a existência de um cocho para cada 30 ou 50 animais. As melhores áreas para a localização dos cochos são perto das fontes de água, em lugares sombreados e perto das melhores áreas de pastagem. Deve-se verificar os cochos pelo menos uma vez por semana para mantê-los limpos para o fornecimento de um suplemento fresco em todos os momentos. Um bom alimentador deve manter o suplemento seco, ser portátil e resistir aos animais e corrosão. Os cochos abertos não são indicados. Os cochos metálicos não são indicados, sendo os de madeira, fibra de vidro ou de plástico os mais indicados e de longa duração.

Os cochos permanentes feitos de concreto funcionam bem, mas a portabilidade é um problema. No caso de suplementos minerais, com consumo médio diário de 50 a 150 g/cabeça, deve-se ter 4 cm linear de cocho/UA isso para um cocho de 30 cm de profundidade, 40 cm de largura no topo e 30 cm de largura no fundo, pois essas dimensões permitem acesso dos dois lados do cocho e diminuem embates entre os animais.

4.2 Forma do suplemento

Os minerais soltos em uma mistura para livre escolha é uma forma desejável e recomendável para vacas reprodutoras e/ou com crias. Para os animais com dietas completas, o suplemento é mais otimizado e uma forma de fornecimento é em uma mistura TMR, sigla em inglês para ração totalmente misturada. Ao suplementar com um produto em forma de bloco (figura 1), os microminerais devem ser superiores aos que estão contidos em uma mistura solta, uma vez que o animal consome de 28 a 56 g/dia. Além disso, alguns blocos contêm apenas vestígios de sal mineralizado, que acaba não suprindo as necessidades de macrominerais dos animais, como o Ca e o P. Deve-se ler o rótulo do produto cuidadosamente para certificar-se de que o mesmo contém todos os minerais necessários ao animal. Esse tipo de produto em bloco é utilizado para suplementar os animais que não tiveram acesso aos minerais por um longo período. Desta forma, o animal consumirá mais minerais sob a forma solta caso seja concedido o acesso de livre escolha. Esses blocos são utilizados na finalidade de fornecer os requerimentos minerais dos animais em um curto período evitando o consumo excessivo. Não deverá ser fornecido sal branco puro e um dado mineral separadamente, uma vez que a ingestão desse elemento será muito baixa já que o animal desejará apenas o sal.

Os suplementos comerciais proteicos e energéticos às vezes são fortificados com minerais. Esses suplementos vêm nas formas de rações peletizadas, melaço líquido,

blocos à base de melaço líquido, duro ou prensado ou ainda na forma de blocos à base de grãos. Não é necessário o fornecimento de um suplemento mineral de livre escolha junto com o suplemento comercial proteico ou energético.

4.3 Estação

A ingestão de minerais geralmente é maior quando a forragem está com boa disponibilidade e diminui durante o outono ou períodos de seca. A composição mineral da forragem diminui conforme a maturidade da planta (idade). As forragens maduras são consumidas em menores quantidades através da seletividade dos animais, o que reduz ainda mais a ingestão de minerais. Em contrapartida, forrageiras em crescimento possuem melhor capacidade mineral do que as maduras. Além disso, o conteúdo mineral é maior em forrageiras cultivadas em solos com maior fertilidade ou solos adubados química ou organicamente. As plantas geralmente são mais fertilizadas e digestíveis durante a primavera; ou como no Brasil só possuímos duas estações bem definidas, a época dos dois meses antes da transição do período chuvoso para o primeiro mês do período seco demonstra melhor carga mineral para a planta; isso leva a uma maior ingestão natural de minerais através da disponibilidade da pastagem e redução do consumo de suplementos durante essa época do ano.

4.4 Método de suplementação ou alimentação

Os animais jovens às vezes são alimentados com uma ração baseada em grãos ou silagem misturada na propriedade. A mistura completa de minerais em rações mistas é difícil; apenas uma pequena quantidade de minerais é necessária e se separa facilmente do maior tamanho das partículas de grãos e forragens. Logo, é mais recomendável usar um suplemento mineral que possua maior taxa de disponibilidade e alimentação, seja incluso na ração, separadamente no cocho para livre escolha ou em outras formas de fornecimento como água ou injetável.

Um trabalho foi realizado para comparar a suplementação de um suplemento mineral de livre escolha ou misturar os minerais na ração todos os dias. O mineral continha um ionóforo (Bovatec®). Os resultados do trabalho, no qual as novilhas foram alimentadas com feno de milho, silagem de milho e minerais em um cocho de livre escolha ou onde os minerais foram cobertos (113 g/dia) na alimentação cada dia estão presentes na tabela 4. Tanto a suplementação coberta na ração quanto a de livre escolha apresentaram resultados de ganho diário semelhantes. As novilhas com livre escolha de

ingestão do suplemento consumiram cerca de 14 g/cabeça/dia muito menos que o desejado de 113 gramas diárias por animal, mas estavam dentro da faixa necessária para a eficácia do ionóforo. Se quantidades específicas de um mineral ou aditivo alimentar particular são necessárias por dia, é desejável o uso de top-dress ou misturar o mineral na ração todos os dias ao invés de permitir o consumo de livre escolha. Ao oferecer o suplemento para livre escolha dos animais é necessária a monitoração do consumo para obter a certeza de que a ingestão diária é adequada. Esse controle servirá para que se possa inserir aditivos como um ionóforo ou antibiótico para aumentar a eficácia dos minerais no animal.

Tabela 4: desempenho das novilhas suplementadas com livre escolha ou na mistura total

Item	Livre escolha	Mistura da ração
Peso inicial (kg)	260	262
Peso final (kg)	334	334
Ganho total (kg)	74	72
Ganho diário (kg)	0,875	0,848
Ingestão mineral (g/dia)	99,8	113

Fonte: ARTHINGTON & SWENSONT, 2004.

5. BIODISPONIBILIDADE DOS MINERAIS

O tipo de minerais na dieta pode afetar a eficiência de produção e a relação custo-benefício da suplementação. Quando se adquire um sal mineralizado é importante ter em conta a concentração dos minerais e sua biodisponibilidade (tabela 5).

A biodisponibilidade de sulfatos e cloretos é maior que a biodisponibilidade dos óxidos. Uma exceção é o óxido de magnésio, que é absorvido o suficiente para ser usado na suplementação dos bovinos de corte. No entanto, deve-se evitar o uso de óxido de cobre, uma vez que é quase ou nada absorvível. O óxido de ferro também é mal absorvido e geralmente é usado para adicionar cor à mistura mineral. Por causa da boa disponibilidade do Fe nas forragens e alimentos no Brasil, o gado raramente requer uma suplementação do elemento, logo a adição do mineral não deverá afetar o desempenho dos animais e pode ser benéfico, uma vez que o Fe pode interagir com outros minerais e impedir sua absorção como citado supra.

Os minerais geralmente são incluídos em suplementos na forma inorgânica, mas também podem ser combinados com um aminoácido ou proteína, formando um composto

orgânico (referido como complexos proteinados ou quelados). Os suplementos que utilizam a forma orgânica incluem os que fornecem os minerais Cu, Zn, Co e Mn juntamente a um aminoácido, geralmente a metionina, ou proteína. A biodisponibilidade relativa de Cu, Mn e Zn de diferentes fontes é maior em comparação com fontes inorgânicas, conforme descrito na tabela 5.

Os minerais orgânicos custam mais do que os inorgânicos; portanto, um aumento no desempenho deve ser realizado para compensar o mais caro. A resposta das fontes orgânicas é variável e são recomendados em determinadas situações. As fontes orgânicas foram eficazes no aumento da eficiência reprodutiva de novilhas sob condições de estresse nutricional, ou ainda na redução da morbidade e mortalidade de animais recém-desmamados que são altamente susceptíveis à doença respiratória bovina. Para vacas, o fornecimento de fontes orgânicas de minerais é utilizado nos dois últimos meses antes do parto; já para bezerros esse tipo de suplementação é recomendado apenas durante o período de desmame. No entanto, a metionina de zinco pode ser fornecida continuamente durante o período de alimentação visando a diminuição de problemas podais.

Tabela 5: biodisponibilidade relativa¹ de microminerais orgânicos e inorgânicos

Mineral	Sulfato	Óxido	Carbonato	Cloreto	Orgânico (complexo/quelado)
Cu	100	0	-	105	130
Mn	100	58	28	-	176
Zn	100	-	60	40	159 a 206

¹ avaliação da biodisponibilidade relativa com respeito a fonte de sulfato. **Fonte:** Adaptação de vários autores.

6. IDENTIFICANDO UMA DEFICIÊNCIA MINERAL

A deficiência mineral em bovinos de corte é difícil de se estimar e de diagnosticar e, silenciosamente, pode ocasionar grandes prejuízos à saúde do animal e ao financeiro. A maioria das deficiências estão relacionadas com o Ca, P e S, mas também com o Zn, Cu e Se.

As deficiências minerais são classificadas em primárias e secundárias, de acordo com o grau de manifestação. A deficiência primária ocorre quando o animal ingere forragens que são deficientes em um determinado elemento como o Mg, ou ainda quando não é fornecido a suplementação adequada com sal mineralizado, o que se torna a causa mais comum desse grau de deficiência. Esse tipo de deficiência raramente ocorre em

rebanhos bem manejados e que possuem alimentos como forrageiras de boa qualidade nutricional e que são suplementados adequadamente e na época ideal. Essas falhas são mais fáceis de resolver.

Por sua vez, a deficiência secundária ocorre quando o animal consome um excesso de minerais antagonistas de outros elementos, que interferem na absorção normal ou no metabolismo um do outro. No caso de deficiência de Cu, o animal pode estar consumindo esse elemento em quantidades suficientes para atender seus requisitos, no entanto pode estar consumindo excesso de um antagonista mineral como o S que interage com o Cu e evita a absorção e utilização deste pelo animal. Esse tipo de deficiência é a mais comum. Deve-se, então, executar as seguintes medidas para garantir que o problema seja devido a uma deficiência mineral.

- Deve-se, primeiro, descartar outras possíveis causas de deficiência, como doenças, plantas tóxicas ou a carência de proteína e energia na dieta. O primeiro sinal de deficiência, na maioria dos rebanhos, é a baixa eficiência reprodutiva e a condição corporal inadequada devido a carência de proteína e/ou energia. Sendo, portanto, a causa mais comum do fracasso reprodutivo.
- Monitorar a ingestão do suplemento para garantir que o animal consuma as quantidades recomendadas. A ingestão recomendável geralmente é indicada na embalagem do produto.
- Avaliar os níveis de minerais e fontes de cada mineral. Lembrar também que a biodisponibilidade de sulfatos e cloretos é maior que a dos óxidos.
- A raça também é um fator que determina a quantidade de minerais que um rebanho deve consumir. Por exemplo, animais da raça Simental e Charolês exigem mais minerais que os animais da raça Angus. Portanto, os níveis devem ser aumentados na ordem de 25 a 50% para essas raças.
- Caso haja uma deficiência secundária generalizada, uma análise laboratorial para determinar a composição bromatológica das forragens é recomendável. Em certos casos, a água de consumo também deve ser analisada para que não haja excesso de minerais como Fe ou S. Os níveis máximos de minerais presentes na água de bebida dos animais estão disponíveis na tabela 6.
- Em casos severos, as amostras de sangue e biópsias hepáticas também podem ser utilizadas para avaliar o estado mineral de um animal. Amostras do fígado também são

indicadores precisos do status mineral no organismo animal. Todavia, esses testes são caros e só são recomendáveis se os passos anteriores forem tomados e sem solução.

➤ Deve-se, por fim, pedir ajuda a especialistas no assunto, uma vez que nem todos conhecem as respostas e um consenso de equipe para debater e resolver um problema mineral é, por certo, necessário.

Tabela 6: níveis máximos recomendados de minerais na água de consumo de bovinos

Mineral	Nível máximo recomendado (mg/l)
Alumínio	5,0
Arsênio	0,05
Bário	1,0
Boro	5,0
Cádmio	0,01
Cálcio	1000
Chumbo	0,05
Cloro	1000
Cromo	0,05
Cobalto	1,0
Flúor	1,2
Ferro	0,4
Iodo	1,0
Magnésio	1000
Manganês	0,05
Nitratos	40
Sulfatos (SO₄)	500

Fonte: adaptação de TEIXEIRA, 1992 e 1997.

7. CARACTERÍSTICAS GERAIS DA SUPLEMENTAÇÃO MINERAL

Com exceção dos ruminantes, as outras espécies animais, principalmente aves e suínos, recebem o suplemento mineral incorporado no concentrado ou na ração completa.

Para a suplementação de bovinos é necessário considerar:

- A importância de suprir todos os elementos essenciais sabidamente deficientes em concentrados, pastos e forragens;

- Nos trópicos os elementos usualmente deficientes são: Ca, P, Cu, Zn, I, Se, Fe, Co e Mg;

- Utilizar fontes minerais análogas, com alta disponibilidade, livres de elementos tóxicos e verificar o grau de pureza de cada um deles;

- Considerar elementos higroscópicos (que possui a característica de absorver água do ambiente) na fonte mineral, essa situação pode alterar a proporção do elemento na mesma;

- As fontes minerais devem possuir uma granulometria uniforme para evitar segregação de partículas durante a mistura;

- A carga eletrostática das fontes minerais pode dificultar a homogeneização da mistura, por isso é conveniente utilizar veículos como amidos e farinhas de cereais que melhoram a palatabilidade e facilitam a mistura.

Um suplemento mineral para os animais ruminantes deve possuir algumas características desejáveis, são elas:

- A mistura final deve possuir um mínimo de 4% de P. Em localidades onde a concentração deste elemento nas forrageiras seja menor que 0,2%, o sal deverá conter entre 8 a 10% desse mineral presente no todo;

- Possuir uma relação Ca:P maior que 2:1;

- Suprir um mínimo de 50% das exigências microminerais (Co, Cu, I, Mn e Zn). Nas regiões onde é reconhecida a deficiência dos mesmos, é necessário suprir não mais 50% e sim 100% do requerimento;

- Incluir entre 25 a 50% de cloreto de sódio (NaCl) para melhorar a palatabilidade e o consumo;

- Possuir um tamanho de partícula que favoreça a mistura homogênea;

- Ser fabricado por empresas ou firmas idôneas, com controle de qualidade e garantia com relação a composição;

- Ser econômico e viável ao produtor para ser aplicável em campo.

Ao que se sabe na literatura, 17 minerais são requeridos pelos bovinos de corte. Os macrominerais incluem o cálcio (Ca), magnésio (Mg), fósforo (P), potássio (K), sódio (Na), cloro (Cl) e nitrogênio (N). Os microminerais requeridos são o cromo (Cr), cobalto (Co), cobre (Cu), iodo (I), ferro (Fe), manganês (Mn), molibdênio (Mo), níquel (Ni), selênio (Se) e zinco (Zn). Outros minerais como o arsênio (As), boro (B), silício (Si), vanádio (V) e chumbo (Pb), tem demonstrado que são importantes para algumas espécies animais, porém possuem limitação na aplicação prática na nutrição do gado.

Alguns minerais não são requeridos e sua ingestão pode provocar toxicidade. A tabela 7 descreve as concentrações maximais totais de elementos minerais tóxicos para os bovinos.

Tabela 7: concentrações maximais totais de elementos tóxicos para os bovinos

Elemento	Mg/kg
Alumínio (Al)	1000
Arsênio (As)	50
Bromo (B)	200
Cádmio (Cd)	0,05
Flúor (F)	40
Chumbo (Pb)	30
Mercúrio (Hg)	2
Estrôncio (Sr)	200

Fonte: NRC, 1996.

8. SELEÇÃO DE UM SUPLEMENTO MINERAL

As concentrações médias de minerais de várias forragens, grãos e subprodutos é apresentada na tabela 8. O teor real de minerais dos alimentos para os animais, especialmente das forragens e subprodutos, irá variar com relação a cada alimento e ao teor real de minerais presentes nos mesmos. No entanto, as concentrações minerais podem ser usadas como um guia ao escolher um suplemento mineral para complementar um ingrediente alimentar particular. Além disso, a tabela 9 apresenta um exemplo de mistura mineral para vacas em lactação. A relação cálcio-fósforo na maioria das misturas minerais deve ser de 2:1 a 4:1. A suplementação de fósforo pode não ser necessária se as forragens tiverem sido fertilizadas com excrementos de aves de capoeira ou com elevado teor de fósforo. Os alimentos que apresentam boa disponibilidade de fósforo são as sementes de algodão, farinha de sementes de algodão, grãos de destilador e glúten de milho. O sal não é armazenado no corpo do animal e deve ser disponibilizado continuamente. O sal é o único mineral que o gado anseia, e o gado sem sal muitas vezes come sujeira ou madeira. Uma mistura mineral deve conter de 15 a 22% de sal. O Mg deve ser pelo menos 14% da mistura mineral quando a tetania das pastagens é uma preocupação. Além disso, examinar de perto as marcas minerais para a adição de produtos não necessários, tais como vitaminas B (tiamina, riboflavina, ácido fólico) é primordial, uma vez que essas vitaminas

não são normalmente exigidas pelos bovinos, porque elas são produzidas pelas bactérias do rúmen, logo o incremento delas aumentaria o custo do suplemento.

Os pontos mais importantes a considerar ao comprar minerais são os níveis de cálcio para fósforo, nível de sal, biodisponibilidade (particularmente cobre), nível de "minerais traço" no suplemento e aditivos. Além disso, os minerais são frequentemente usados para fornecer produtos como ionóforos (Rumensin, Bovatec) e antibióticos (clorotetraciclina, Gainpro).

Tabela 8: teor de minerais presentes em forrageiras e alimentos concentrados

Alimento	Ca %	P %	K %	S %	Cu ppm	Zn ppm
Gênero <i>Brachiaria</i>	0,33	0,12	1,08	0,13	4,35	24,5
Gênero <i>Panicum</i>	0,36	0,14	1,48	0,63	8,25	19,5
Festuca	0,51	0,27	2,3	0,19	5,8	18,7
Feno de festuca	0,51	0,37	2,3	0,18	6,0	22,0
Milho	0,03	0,31	0,33	0,14	4,8	16,0
Silagem de milho	0,25	0,22	1,14	0,12	4,2	17,7
Glúten de milho	0,07	0,45	1,40	0,47	7,0	73,3
Farelo de algodão, 41%	0,20	1,16	1,65	0,42	16,5	74,0
Semente de algodão	0,16	0,62	1,22	0,26	7,9	37,7
Casca de soja	0,53	0,18	1,29	0,11	17,8	48,0
Farelo de soja, 44%	0,40	0,71	2,22	0,46	22,4	57,0
Melaço	1,00	0,1	4,01	0,47	65,7	21,0
Polpa cítrica	1,88	0,13	0,77	0,08	6,2	15,0

Fonte: NRC, 1996 e MORAES, 2001.

Tabela 9: exemplo de especificações minerais para vacas em lactação

Mineral	g/kg/dia
Ca	10 – 15
P	4 – 8
Sal (NaCl)	15 – 20
Mg¹	1,0
S²	0,5
Cu	1,2
Zn	3

Co	10 ppm
I	80 ppm
Se	25 – 30 ppm

¹ aumentar 10% do Mg quando a tetania de grama for uma preocupação. ² a suplementação com S geralmente não é necessária, porém é frequentemente adicionado a misturas minerais pelo uso de sulfato de outros minerais. **Fonte:** IPA, 2020.

• Dietas baseadas em grãos

Há muitas diferenças entre os suplementos minerais projetados para uma dieta baseada em forragem versus uma dieta baseada em grãos. Uma vez que os grãos e a maioria dos alimentos de subprodutos, exceto a polpa cítrica, contêm baixos concentrados de cálcio, os suplementos devem conter aproximadamente 25% de cálcio e ser fornecidos a uma taxa de 100 gramas por dia. O sal suplementar deve ser fornecido em 30-60 gramas por dia. Os microminerais primários de maior preocupação são zinco, cobre, cobalto e selênio. O sal mineral é geralmente adicionado a 0,5% da dieta para fornecer a maioria das necessidades complementares de minerais. O selênio pode precisar ser adicionado para manter uma concentração total de 0,1 ppm. A suplementação adicional de fósforo raramente é necessária quando se alimenta os animais com dietas à base de grãos.

9. REQUERIMENTOS NUTRICIONAIS

Para evitar o excesso ou deficiência de minerais, primeiro deve-se balancear uma ração ou dieta, tendo em conta que a suplementação mineral deve melhorar a produção e a reprodução do rebanho e ao mesmo tempo reduzir os custos de produção.

Primeiro é necessário conhecer os requisitos minerais para o tipo animal e de sistema de produção. Para as condições tropicais não se dispõem tabelas de exigências de minerais, portanto, usamos como referência as tabelas elaboradas pelo NRC dos EUA edições de 1996, 2001 e 2016. Embora essas tabelas tenham sido elaboradas sob condições climáticas diferentes das encontradas no Brasil, servem como uma boa fonte de informações para fins de conhecimento e ajustes das necessidades minerais sob as condições de explorações tropicais.

Os requerimentos nutricionais são calculados de maneira fatorial, considerando as exigências para manutenção, crescimento, gestação e lactação corrigidos pela porcentagem de absorção do elemento na dieta. A tabela 10 descreve os requerimentos nutricionais para bovinos de corte. É importante lembrar que esses valores variam em função da idade, sexo, raça, estado fisiológico e nível de produção.

Os requisitos minerais, assim como os de proteína e energia, variam em função do nível de produção, estado fisiológico e categoria animal. Neste caso, os animais com maiores exigências são as fêmeas em produção (novilhas gestantes e vacas lactantes) e os animais jovens com altas taxas de desempenho (tabelas 10 e 11).

Tabela 10: exigências minerais de bovinos de corte

Mineral	Unidade	Novilhas e vacas ¹		Crescimento e terminação
		Gestação	Lactação	
Ca	%	0,24 – 0,35	0,23	Variável
Cl	%	-	-	-
Cr	mg/kg	-	-	-
Co	mg/kg	0,1	0,1	0,1
Cu	mg/kg	10	10	10
I	mg/kg	0,5	0,5	0,5
Fe	mg/kg	50	50	50
Mg	%	0,12	0,2	0,1
Mn	mg/kg	40	40	20
Mo	mg/kg	-	-	-
Ni	mg/kg	-	-	-
P	%	0,14 – 0,2	0,16	Variável
K	%	0,6	0,7	0,6
Se	mg/kg	0,1	0,1	0,1
Na	%	0,6 – 0,8	0,1	0,6 – 0,8
S	%	0,15	0,15	0,15
Zn	mg/kg	30	30	30

¹ - cálculo vaca adulta 450 kg; produção leiteira máxima de 4 kg; bezerro de 30 kg. **Fonte:** NRC, 1996.

Tabela 11: requerimentos de Ca e P para crescimento e engorda

Ganho de peso		0,2 kg/dia		1 kg/dia	
Peso vivo kg		200	400	200	400
Ca	g/dia	11,8	16,5	32,4	30,3
	% na MS	0,3	0,21	0,65	0,3
P	g/dia	7	11,1	15,3	16,7

	% na MS	0,18	0,14	0,31	0,17
Consumo MS/kg/dia		4	8	5	10

Fonte: NICODEMO, 2001.

Para Ca e P encontra-se uma maior informação sobre os requerimentos do que quaisquer outro mineral. Na tabela 12 são apresentados os requerimentos de Ca e P para bovinos em crescimento e engorda. Nesta tabela tomam-se como referência os pesos mais comuns ao finalizar a engorda (400, 450 e 500 kg), o peso corporal e o ganho de peso diário durante essas fases. As exigências de Ca e P aumentam em função do GPD (ganho de peso diário), mas diminuem em função do peso final do animal.

Isso significa que para o mesmo GPD, as necessidades são maiores para os animais em crescimento do que na engorda. Como esperado, os bovinos que são abatidos com um maior peso requerem uma concentração maior de Ca e P na ração.

Tabela 12: exigências de Ca e P para bovinos em crescimento e engorda em função do peso final e GPD

Peso corporal ao final da engorda											
450 kg				500 kg				550 kg			
Peso¹ (kg)	GPD² (kg)	Ca (% MS)	P (% MS)	Peso (kg)	GPD (kg)	Ca (% MS)	P (% MS)	Peso (kg)	GPD (kg)	Ca (% MS)	P (% MS)
250	0,29	0,21	0,13	275	0,31	0,22	0,13	300	0,33	0,22	0,13
	0,8	0,36	0,19		0,85	0,36	0,19		0,91	0,36	0,19
	1,22	0,49	0,24		1,3	0,49	0,24		1,38	0,49	0,24
270	0,29	0,21	0,13	300	0,31	0,21	0,13	330	0,33	0,21	0,13
	0,8	0,34	0,18		0,85	0,34	0,18		0,91	0,34	0,18
	1,22	0,45	0,23		1,3	0,45	0,23		1,38	0,45	0,23
300	0,29	0,2	0,12	325	0,31	0,2	0,13	355	0,33	0,2	0,13
	0,8	0,32	0,17		0,85	0,32	0,17		0,91	0,32	0,17
	1,22	0,42	0,21		1,3	0,42	0,21		1,38	0,42	0,21
320	0,29	0,19	0,12	350	0,31	0,2	0,12	380	0,33	0,2	0,13
	0,8	0,3	0,16		0,85	0,3	0,16		0,91	0,3	0,16
	1,22	0,39	0,2		1,3	0,39	0,2		1,38	0,39	0,2
340	0,29	0,19	0,12	375	0,31	0,19	0,12	410	0,33	0,19	0,12
	0,8	0,28	0,16		0,85	0,28	0,16		0,91	0,28	0,16
	1,22	0,37	0,19		1,3	0,37	0,19		1,38	0,37	0,19

	0,29	0,19	0,12		0,31	0,19	0,12		0,33	0,19	0,12
370	0,8	0,27	0,15	400	0,85	0,27	0,15	435	0,91	0,27	0,15
	1,22	0,34	0,18		1,3	0,34	0,18		1,38	0,34	0,19

¹ peso ao início ou durante o crescimento ou engorda. ² ganho de peso diário. **Fonte:** adaptação do NRC, 2001.

A tabela 13 demonstra os requerimentos de Ca e P para novilhas prenhes em diferentes pesos na maturidade (peso adulto). É tomado como referência para cada peso adulto um GPD constante durante a gestação. Os requerimentos permanecem relativamente constantes nos primeiros 6 meses, mas nos últimos 3 meses (terço final da gestação, com desenvolvimento de 70% do bezerro), aumentam 45% para o Ca e 35% para o P.

Tabela 13: requerimentos de Ca e P para novilhas prenhes

	Meses de gestação								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
450 kg de peso adulto¹									
GPD (kg)	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
Peso em jejum² (kg)	280	290	300	315	325	335	345	355	365
Ca % na MS	0,22	0,22	0,22	0,21	0,21	0,2	0,32	0,31	0,31
P % na MS	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,16	0,23	0,23	0,22
500 kg de peso adulto									
GPD (kg)	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36
Peso em jejum (kg)	310	320	330	345	355	365	375	390	400
Ca % na MS	0,23	0,22	0,22	0,22	0,21	0,21	0,32	0,31	0,3
P % na MS	0,18	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,23	0,22	0,22
550 kg de peso adulto									
GPD (kg)	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Peso em jejum (kg)	340	350	360	375	385	400	410	425	435
Ca % na MS	0,23	0,23	0,22	0,22	0,22	0,21	0,31	0,31	0,3
P % na MS	0,18	0,18	0,18	0,17	0,17	0,17	0,23	0,22	0,22
590 kg de peso adulto									
GPD (kg)	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43

Peso em jejum (kg)	365	380	390	405	420	430	445	460	470
Ca % na MS	0,24	0,23	0,23	0,22	0,22	0,22	0,31	0,3	0,3
P % na MS	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,17	0,23	0,22	0,22

¹ peso quando a deposição de proteína é mínima e a gordura corporal aumenta. ² peso corporal menos 4% de perda em jejum. **Fonte:** adaptação do NRC, 2001.

A tabela 14 demonstra os valores médios dos requerimentos de Ca e P durante diferentes etapas da prenhez tendo como base um recém-nascido de 38,5 kg. Por sua vez, a tabela 15 demonstra o padrão das necessidades de Ca e P para vacas de corte em lactação, tendo como base um pico de produção de leite de 11 kg/dia com um conteúdo de 4% de gordura, 3,4% de proteína, 1,2% de Ca e 1% de P.

Tabela 14: cálculos das necessidades de Ca e P em diferentes etapas da gestação em vacas de corte, supondo um peso ao nascer do neonato de 38,5 kg

Dias da gestação	Ca (g/dia)	P (g/dia)
130	0,56	0,47
160	1,62	1,18
190	3,76	2,42
220	6,62	4,04
250	8,42	5,20
280	6,84	4,64

Fonte: POND *et al.*, 2002.

Tabela 15: necessidades de Ca e P para a produção de leite em vacas de corte

Semana de lactação	Ca (g/dia)	P (g/dia)
3	8,15	6,79
6	11,46	9,55
9	12,07	10,06
12	11,32	9,43
15	9,94	8,28
18	8,38	6,98
21	6,86	5,72
24	5,52	4,60
27	4,37	3,64

30	3,36	2,80
----	------	------

Fonte: POND *et al.*, 2002.

A tabela 16 mostra os valores médios das necessidades de Ca e P para vacas de corte em lactação, com diferentes pesos (peso adulto) e produção máxima de leite (pico de produção) em função do mês pós-parto. As exigências são maiores nos primeiros quatro meses pós-parto e diminuem entre o quinto e o nono mês e novamente aumentam entre o décimo e o décimo segundo mês, coincidindo com o último trimestre da gestação. Como esperado, as exigências são maiores em vacas com maior peso adulto e maior produção de leite (o pico de produção de uma vaca de corte é entre 9 e 11 kg).

Tabela 16: requerimentos de Ca e P para vacas de corte em lactação em função do peso adulto e pico de produção

	Meses depois do parto ¹											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
455 kg de peso adulto, 4,5 kg pico de produção²												
Leite³ kg/dia	3,8	4,5	4,0	3,3	2,5	1,8	0	0	0	0	0	0
Ca % na MS	0,24	0,25	0,23	0,22	0,2	0,19	0,15	0,15	0,15	0,24	0,24	0,24
P % na MS	0,17	0,17	0,16	0,15	0,14	0,14	0,11	0,11	0,11	0,15	0,15	0,15
455 kg de peso adulto, 9 kg pico de produção												
Leite kg/dia	7,6	9,0	8,2	6,5	4,9	3,5	0	0	0	0	0	0
Ca % na MS	0,3	0,32	0,3	0,27	0,24	0,22	0,15	0,15	0,15	0,24	0,24	0,24
P % na MS	0,2	0,21	0,19	0,18	0,17	0,15	0,11	0,11	0,11	0,15	0,15	0,15
550 kg de peso adulto, 4,5 kg pico de produção												
Leite kg/dia	3,8	4,5	4,0	3,3	2,5	1,8	0	0	0	0	0	0
Ca % na MS	0,24	0,25	0,23	0,22	0,2	0,19	0,15	0,15	0,15	0,26	0,25	0,25
P % na MS	0,17	0,17	0,16	0,15	0,14	0,14	0,12	0,12	0,12	0,16	0,16	0,16
550 kg de peso adulto, 9 kg pico de produção												
Leite kg/dia	7,6	9,0	8,2	6,5	4,9	3,5	0	0	0	0	0	0
Ca % na MS	0,29	0,31	0,29	0,26	0,24	0,22	0,15	0,15	0,15	0,26	0,25	0,25
P % na MS	0,19	0,21	0,19	0,18	0,17	0,15	0,12	0,12	0,12	0,16	0,16	0,16
635 kg de peso adulto, 4,5 kg pico de produção												
Leite kg/dia	3,8	4,5	4,0	3,5	2,5	1,8	0	0	0	0	0	0
Ca % na MS	0,23	0,25	0,23	0,21	0,20	0,19	0,16	0,16	0,16	0,27	0,26	0,26
P % na MS	0,17	0,17	0,16	0,15	0,15	0,14	0,12	0,12	0,12	0,17	0,17	0,16

635 kg de peso adulto, 9 kg pico de produção

Leite kg/dia	7,6	9,0	8,2	6,5	4,9	3,5	0	0	0	0	0	0
Ca % na MS	0,28	0,30	0,28	0,26	0,24	0,22	0,16	0,16	0,16	0,27	0,26	0,26
P % na MS	0,19	0,20	0,19	0,18	0,17	0,16	0,12	0,12	0,12	0,17	0,17	0,16

¹ inclui a lactação e a gestação a partir do terceiro mês depois do parto. ² Peso quando a deposição de proteína é mínima e aumenta a gordura corporal e a produção máxima leite no segundo mês após o parto. ³ Produção média de leite por mês. A partir do sétimo mês, a produção diária é considerada zero. **Fonte:** adaptação de vários autores e NRC, 2001.

10. CONSUMO DE MATÉRIA SECA

A determinação do consumo de matéria seca (CMS) dos bovinos é de fundamental importância, visto que deste dependem o desempenho do animal, o nível de ingestão de nutrientes e a estratégia de suplementação caso seja necessária. Para bovinos à pasto, uma forma prática de estimar o consumo é considerar que para forragens de baixa qualidade equivale a 1,5% do PV; 2% do PV para pastagens de média qualidade e 2,5% para forragens de boa qualidade. Entretanto, o CMS é regulado e limitado pelos seguintes fatores:

- Inerentes ao animal: raça, sexo, estado fisiológico, fase da lactação, prenhez, alimentação prévia, condição corporal e sanidade.
- Inerentes ao alimento: espécies forrageiras, composição da dieta, digestibilidade, taxa de passagem, tamanho da partícula, método de conservação, palatabilidade e conteúdo de MS.
- Inerentes ao ambiente: tempo de acesso ao alimento, frequência de alimentação, espaço do comedouro, uso de aditivos e anabólicos, fotoperíodo, temperatura e umidade.

Estimar o CMS não é uma tarefa fácil uma vez que é afetado por múltiplos fatores. As equações disponíveis para fazer estas estimativas levam em consideração o peso vivo do animal, o ganho de peso esperado, a digestibilidade da dieta e o estado fisiológico do animal.

10.1 Predição prática do CMS

O sistema SCIRO (1990) que estabelece os padrões de alimentação dos bovinos na Austrália propõe que para os animais em pastejo seja usada a seguinte equação de predição do CMS (kg/dia):

$$\text{CMS} = 0,024 \times \text{PA} \times \text{Z} \times (1,7 - \text{Z})$$

Onde:

PA = peso adulto ou maduro em kg,

Z = tamanho relativo (valor máximo de 1). O tamanho relativo (Z) é a relação entre o peso atual do animal e seu peso adulto ou maduro.

Segundo Lana (2007), o peso adulto ou maduro é alcançado quando o animal possui 28% de gordura em sua composição corporal. Para criações tropicais, pode se utilizar a tabela 17 para o peso ao qual os animais atingem os 28% de gordura em sua composição.

Tabela 17: peso adulto ou maduro de bovinos de corte

Categoria racial	Castrado	Inteiro	Fêmeas
Zebuínos (kg)	400	450	450
Mestiços (kg)	500	550	500

Fonte: LANA, 2007.

As tabelas 18 e 19 demonstram a predição do CMS em kg/dia para criações manejadas em condições tropicais à pasto em função do peso maduro, digestibilidade e categoria fisiológica.

Tabela 18: predição do CMS (kg/dia) para bovinos em crescimento sob pastejo

Peso Maduro (kg)	D¹	Peso do animal (kg)²					
		100	200	300	400	500	600
400	0,5	1,9	3,1	3,6	3,6		
	0,6	2,4	4,0	4,8	4,7		
	0,7	3,0	5,0	6,0	5,9		
	0,8	3,6	6,0	7,1	7,0		
500	0,5	1,9	3,3	4,2	4,6	4,5	
	0,6	2,5	4,4	5,6	6,1	5,9	
	0,7	3,1	5,4	6,9	7,5	7,3	
	0,8	3,8	6,5	8,3	9,0	8,8	
600	0,5	2,0	3,5	4,6	5,3	5,5	5,4
	0,6	2,6	4,6	6,1	7,0	7,3	7,1
	0,7	3,2	5,7	7,5	8,7	9,1	8,8
	0,8	3,8	6,8	9,0	10,3	10,8	10,5

¹ digestibilidade da matéria seca da forragem (0,5 = 50%). ² adaptação do SCIRO, 1990.

Tabela 19: predição do consumo de MS (kg/dia) para vacas de corte em lactação manejadas em condições de pastejo

Peso maduro (kg)	D ¹	Dias depois do parto ²								
		30	60	90	120	150	180	210	240	270
400	0,5	5,1	6,2	6,3	6,0	5,4	4,9	4,5	4,2	4,0
	0,6	6,7	8,1	8,3	7,8	7,2	6,5	5,9	5,5	5,3
	0,7	8,3	10,1	10,3	9,7	8,9	8,1	7,4	6,9	6,5
	0,8	9,9	12,0	12,3	11,6	10,6	9,6	8,8	8,2	7,8
500	0,5	6,3	7,7	7,9	7,4	6,8	6,2	5,6	5,3	5,0
	0,6	8,4	10,1	10,4	9,8	8,9	8,1	7,4	6,9	6,6
	0,7	10,4	12,6	12,9	12,2	11,1	10,1	9,2	8,6	8,2
	0,8	12,4	15,0	15,4	14,6	13,3	12,0	11,0	10,3	9,7
600	0,5	7,6	9,2	9,5	8,9	8,1	7,4	6,8	6,3	6,0
	0,6	10,0	12,2	12,5	11,8	10,7	9,7	8,9	8,3	7,9
	0,7	12,4	15,1	15,5	14,6	13,3	12,1	11,1	10,3	9,8
	0,8	14,9	18,1	18,5	17,5	15,9	14,4	13,2	12,3	11,7
700	0,5	8,9	10,8	11,0	10,4	9,5	8,6	7,9	7,4	7,0
	0,6	11,7	14,2	14,6	13,7	12,5	11,4	10,4	9,7	9,2
	0,7	14,5	17,6	18,1	17,1	15,6	14,1	12,9	12,0	11,4
	0,8	17,4	21,1	21,6	20,4	18,6	16,8	15,4	14,4	13,6

¹ digestibilidade da MS (0,5 = 50%). ² adaptação do SCIRO, 1990.

11. DEFICIÊNCIAS MINERAIS NO TRÓPICO

Deficiências e excessos de minerais foram descritos e relatados em quase todo o mundo. McDowell (1976, 1977) e Fick (1976), relatam o conteúdo mineral de 2615 amostras de forragens coletadas na América Latina (tabela 20).

No Brasil, as forragens possuem boa disponibilidade mineral, conforme tópico 3. Os solos argissolos e latossolos são as formações mais presentes que cobrem cerca de 60% do território, ambos possuem boas características físicas e químicas que dispõem minerais essenciais para a absorção pelas plantas. Entretanto, as características do solo e a concentração mineral nas forragens podem ser melhoradas mediante práticas de adubação. Um bom solo deve ser composto por 45% de matéria mineral.

Tabela 20: concentração mineral de 2615 amostras de forragens da América Latina

Elemento ¹	porcentagem de forragens com níveis deficientes	Número de forragens com níveis deficientes	Requerimento ²			
Ca	42,9	1123	0,18 a 0,60%	Concentração %	0,0 – 0,30	Sobre 0,30
				% do total	31,1	68,9
Co	5,4	140	0,05 a 0,10 ppm	Concentração %	0 – 0,10	Sobre 0,10
				% do total	43,1	56,9
Cu	9,0	236	4 a 10 ppm	Concentração %	0 – 10	Sobre 10
				% do total	46,6	53,4
Fe	9,8	256	10 a 100 ppm	Concentração %	0 – 100	Sobre 100
				% do total	24,1	75,9
Mg	11,1	290	0,04 a 0,18%	Concentração %	0 – 0,20	Sobre 0,20
				% do total	35,2	64,8
Mn	11,2	293	20 a 40 ppm	Concentração %	0 – 40	Sobre 40
				% do total	21	79
Mo	5,1	133	0,01 ppm	Concentração %	0 – 3	Sobre 3
				% do total	86,4	13,6
P	43,2	1129	0,18 a 0,43%	Concentração %	0 – 0,30	Sobre 0,30
				% do total	72,8	27,2
K	7,6	198	0,60 a 0,80%	Concentração %	0 – 0,80	Sobre 0,80
				% do total	15,1	84,9
Na	5,6	146	0,06 a 0,10%	Concentração %	0 – 0,10	Sobre 0,10
				% do total	59,5	40,5
Zn	6,8	177	10 a 50 ppm	Concentração %	0 – 50	Sobre 50
				% do total	74,6	22,4

¹ McDowell (1976, 1977) e Fick (1976). ² adaptação do NRC (1980, 1996).

Baseados nas informações supracitadas, podemos concluir que:

- As forragens não são fontes de minerais, elas fazem contribuições importantes, mas a suplementação mineral é obrigatória e necessária.
- Os minerais mais deficientes nos trópicos são: Ca, P, Mg, Na, Cu, Co, Fe, Zn e I.
- Os suplementos minerais devem fornecer o mínimo de 50% das exigências de Ca e P e 100% das necessidades de microminerais.

12. FONTES MINERAIS

As tabelas 21 e 22 descrevem a composição de diferentes fontes minerais de uso comum na formulação de sais e suplementos minerais.

Tabela 21: matérias-primas fontes de macrominerais

Fontes de macrominerais	
Calcário calcítico	38% Ca
Calcário dolomítico	22% Ca e 12% Mg
Carbonato de cálcio	40% Ca
Farinha de ossos autoclavada	30% Ca e 14% P
Rocha fosfórica desfluorada	29% Ca e 13% P
Fosfato de rocha macia	18% Ca e 9% P
Fosfato monocálcico	16% Ca e 20% P
Fosfato bicálcico	23% Ca e 18% P
Fosfato tricálcico	32% Ca e 18% P
Carbonato de magnésio	24% Mg
Cloreto de magnésio	12% Mg
Sulfato de magnésio	10% Mg e 13% S
Óxido de magnésio	60% Mg
Sal comum	37% Na
Bicarbonato de potássio	39% K
Cloreto de potássio	50% K
Sulfato de potássio	41% K e 28% S
Flor de enxofre	96% S
Sulfato de sódio anidro	22% S

Fonte: adaptação de LANA, 2007.

Tabela 22: matérias-primas fontes de microminerais

Fontes de microminerais	
Sulfato de cobre	25% Cu e 13% S
Carbonato de cobre	53% Cu
Cloreto de cobre	37% Cu
Óxido cúprico	80% Cu
Carbonato de zinco	52% Zn
Cloreto de zinco	48% Zn
Sulfato de zinco	23% Zn e 11% S
Óxido de zinco	60% Zn
Sulfato ferroso	37% Fe e 19% S
Óxido de ferro	53% Fe
Sulfato de manganês	32% Mn e 19% S
Óxido de manganês	77% Mn
Iodeto de potássio	76% I
Iodato de potássio	59% I
Carbonato de cobalto	50% Co
Sulfato de cobalto	25% Co e 11% S
Cloreto de cobalto	25% Co
Selenato de sódio	42% Se
Selenito de sódio	46% Se

Fonte: adaptação de LANA, 2007.

13. CÁLCULO DE UM SUPLEMENTO MINERAL

Para a elaboração de um suplemento mineral para animais criados à pasto, faz-se necessário o cálculo levando em consideração quatro fatores determinantes:

- Composição nutricional da pastagem;
- Consumo da pastagem;
- Identificação das deficiências nutricionais do animal;
- Composição nutricional dos ingredientes do suplemento.

Para o exemplo, consideremos um lote de machos zebuínos castrados, com peso médio de 300 kg, manejado em pastejo rotacionado de capim-braquiária. O CMS estimado é de 4,8 kg de MS/dia, considerando uma digestibilidade do pasto de 60%

(tabela 18). Os conteúdos de Ca e P do pasto são de 0,23% e 0,1%, respectivamente. Os requerimentos médios de Ca e P são de 0,65% e 0,31% como porcentagem do CMS/dia, respectivamente (tabela 11).

Cálculo dos aportes e requerimentos de Ca e P (conforme dados obtidos da tabela 11):

- *Requerimentos:*

Cálcio: $4,8 \text{ kg} \times 0,65\% = 0,0312 \text{ kg}$ ou 31,2 g

Fósforo: $4,8 \text{ kg} \times 0,31\% = 0,0149 \text{ kg}$ ou 14,9 g

- *Aportes:*

Cálcio: $4,8 \text{ kg} \times 0,23\% = 0,011 \text{ kg}$ ou 11 g

Fósforo: $4,8 \text{ kg} \times 0,1\% = 0,0048 \text{ kg}$ ou 4,8 g

- *Balanço:*

	Ca (g)	P (g)
Aporte do pasto	11	4,8
Requerimento	31,2	14,9
Balanço	- 20,2	- 10

A mistura mineral deverá cobrir as deficiências de Ca e P. Se, eventualmente, uma deficiência de Na, Mg, S, Co, Cu, I, Fe, Mn, Se e Zn for considerada, também deverão ser suplementados.

Para calcular os valores dos elementos restantes que deverá cobrir o suplemento mineral, basta multiplicar o CMS pela respectiva exigência de cada elemento (tabela 10).

- *Requerimentos:*

Magnésio: $4,8 \text{ kg} \times 0,1\% = 0,0048 \text{ kg}$ ou 4,8 g

Enxofre: $4,8 \text{ kg} \times 0,15\% = 0,0072 \text{ kg}$ ou 7,2 g

Zinco: $4,8 \text{ kg} \times 30 \text{ mg/kg}$ (0,003%) = 144 mg e assim por diante.

Uma vez calculadas as quantidades de macro e microminerais que deverão incluir o suplemento, é necessário escolher as fontes minerais (tabelas 21 e 22) e determinar seu nível de participação em gramas.

A quantidade da fonte mineral que deve ser suplementada é calculada através da seguinte fórmula:

$$\text{A quantidade da fonte (g/dia)} = \frac{(100 \times \text{ingestão desejada do elemento (g/dia)})}{\% \text{ do elemento na fonte}}$$

Exemplos:

1) Fosfato tricálcico = 32% de Ca

Ingestão desejada = 20,2 g/dia

$$\text{Cálculo: } \frac{100 \times 20,2}{32} = 63,125 \text{ g/dia}$$

2) Flor de enxofre = 96% de S

Ingestão desejada = 7,2 g/dia

$$\text{Cálculo: } \frac{100 \times 7,2}{96} = 7,5 \text{ g/dia}$$

3) Sulfato de zinco = 23% de Zn

Ingestão desejada = 0,144 g/dia

$$\text{Cálculo: } \frac{100 \times 0,144}{23} = 0,6261 \text{ g/dia}$$

Como os sais minerais apresentam baixa palatabilidade, é necessário considerar a inclusão de NaCl na mistura final. Os níveis de inclusão dessa matéria-prima podem oscilar entre 20 e 40% da mistura total.

Suponha-se que se deseja a participação de 40% de NaCl na mistura final. A participação em gramas de todas as matérias-primas diferentes ao NaCl soma 80,4 g, quantidade que corresponde aos 60% do sal:

80,4 g corresponde aos 60% do sal, os 100% será: 134 g $((80,4 \times 100)/60)$

Pela diferença entre o peso total do sal (134 g) e o peso das matérias-primas diferentes do NaCl (80,4 g), se encontra a quantidade de sal comum que deverá levar o suplemento (53,6 g).

A ingestão diária de sal desse lote de animais para satisfazer as necessidades é de 134 g/animal/dia.

Para calcular o percentual de participação das matérias-primas no sal procedemos da seguinte forma:

134 g da mistura mineral ----- 100%
63,125 g de fosfato tricálcico ----- X

Pelo princípio da regra de três, temos:

$$63,125 \times 100 = 134 \times X = 6312,5 = 134 \times X$$

$$X = 6312,5/134$$

$$X = 47,109\%$$

134 g de mistura mineral ----- 100%

0,6261 g de sulfato de zinco ----- X

Temos que:

$$0,6261 \times 100 = 134 \times X = 62,61 = 134 \times X$$

$$X = 62,61/134$$

$$X = 0,467\%$$

Os níveis de garantia são obtidos através da multiplicação da porcentagem da fonte no sal e a respectiva porcentagem do elemento na fonte.

Exemplos:

1) *Nível de garantia para o Ca:*

% do fosfato tricálcico no sal \approx 47,11% (tabela 23)

% de Ca no fosfato tricálcico = 32% (tabela 21)

Nível de garantia ou porcentagem de Ca no sal = $47,11 \times 32 = 15,07\%$

2) *Nível de garantia para o P:*

% do fosfato tricálcico no sal \approx 47,11% (tabela 23)

% do P no fosfato tricálcico = 18% (tabela 21)

Nível de garantia ou porcentagem de P no sal = $47,11 \times 18 = 8,48\%$

3) *Nível de garantia para o Mg:*

% do óxido de magnésio no sal = 5,97% (tabela 23)

% do Mg no óxido de magnésio = 60% (tabela 21)

Nível de garantia ou porcentagem de Mg no sal = $5,97 \times 60 = 3,58\%$

A tabela 23 apresenta este cálculo para todos os elementos do suplemento e a composição final da mistura mineral (kg de fonte mineral/100 kg de mistura mineral, ou %). A tabela 24, por sua vez, apresenta dados para uma mistura mineral II por unidade animal (UA = 450kg) e a porcentagem de cada ingrediente em 100 kg de mistura, em função de um animal de 450 kg ingerir cerca de 60 g de mistura mineral/dia.

Tabela 23: cálculo e composição final da mistura mineral

Elemento	Requerimento	Quantidade requerida	Fonte mineral	Quantidade da fonte (g)	% da fonte no sal	Nível de garantia do elemento (%)
Ca	0,65 %	20,2 g	Fosfato tricálcico	63,13	47,11	15,07
P	0,31 %	10 g		-	-	8,48
Mg	0,1 %	4,8 g	Óxido de magnésio	8,00	5,97	3,58
S	0,15 %	7,2 g	Flor de enxofre	7,5	5,6	5,37
Co	0,1 mg/kg	0,48 mg	Sulfato de cobalto	0,0019	0,0007	0,0004
Cu	10 mg/kg	48 mg	Sulfato de cobre	192	0,143	0,0358
I	0,5 mg/kg	2,4 mg	Iodato de potássio	0,0041	0,003	0,0018
Fe	50 mg/kg	240 mg	Sulfato ferroso	0,6486	0,484	0,1791
Mn	20 mg/kg	96 mg	Sulfato de manganês	0,3	0,224	0,0716
Se	0,1 mg/kg	0,48 mg	Selenito de sódio	1	0,0008	0,0004
Zn	30 mg/kg	144 mg	Sulfato de zinco	0,6261	0,467	0,1075
			Cloreto de sódio	53,6	40,0	
TOTAL				134	100	

Baseado em cálculos matemáticos.

Tabela 24: Mistura mineral II calculada, fontes de minerais, consumo por unidade animal/dia e porcentagem dos ingredientes na mistura total II

Fonte	Consumo/UA/dia	% na mistura
Fosfato bicálcico	27,8 g	46,910
Óxido de magnésio	2,5 g	4,200
Óxido de zinco	0,311 g	0,525
Sulfato de cobre	0,235 g	0,397
Sulfato de cobalto	0,016 g	0,027
Iodato de potássio	0,007 g	0,012

Sulfato de manganês	0,308 g	0,520
Enxofre em pó	1,042 g	1,760
Selenito de sódio	0,004 g	0,007
Cloreto de sódio	27,03 g	45,642
TOTAL	59,25 g	100

Fonte: SOUSA, 1987.

COMENTÁRIOS FINAIS

A produção de bovinos de corte no Brasil cresce a cada ano e, com isso, as técnicas de criação e manejo devem estar cada vez mais tecnificadas e especializadas. Uma prática de manejo essencial da bovinocultura de corte é a suplementação mineral dos animais, uma vez que, como citado nesse texto, as pastagens não oferecem um nível adequado de macro e microminerais em sua composição.

Existem duas formas de suplementar o gado, a primeira consiste na adubação do solo onde o pasto se encontra; como foi mencionado doses de nitrogênio, por exemplo, melhora a capacidade nutricional da pastagem e o desempenho dos animais que a consomem. A outra forma de suplementação do rebanho é a administração de sal mineral, isto é, produtos que forneçam as quantidades necessárias de minerais para que os animais possam se manter e realizar suas atividades fisiológicas como crescimento, reprodução, engorda, produção de carne, produção de leite etc.

A ingestão da mistura mineral pode aumentar ou diminuir em função de alguns fatores como animais em produção que necessitam de uma ingestão maior; por sua vez, animais em perda de peso diminuem a ingestão da mistura. Em regiões de água salobra a ingestão também diminui. Quando a ingestão da mistura é insuficiente, existe uma maneira de se aumentar a ingestão através do uso de palatabilizantes, uma das formas de melhoria da mistura é a inclusão de 1 a 4% de melaço ou fubá de milho na proporção de 4 a 8%. As misturas com farinha de ossos autoclavadas também maximizam o consumo da mistura pelos animais, sendo mais palatável através do conteúdo em proteína presente. A ingestão da mistura deverá estar presente em cochos onde não haja putrefação do material o que pode causar a rejeição da mistura pelos animais.

As misturas minerais no Brasil são calculadas de acordo com as exigências dos animais, logo o conteúdo das mesmas deve atender os requisitos para que os animais possam realizar suas atividades produtivas, reprodutivas ou de manutenção.

A suplementação torna-se, assim, uma prática inerente da bovinocultura de corte do Brasil uma vez que, como supracitado, nas épocas das secas os alimentos, no caso as pastagens, não fornecem o aporte necessário em macro e microminerais que os animais necessitam. Portanto, as formas de conseguir um melhor desempenho do animal é a suplementação via mistura no cocho com os minerais em quantidades essenciais para os animais, injetável ou pela água, em certos casos. Por outro lado, outra forma de melhoria

do desempenho animal e também das pastagens é a adubação do solo onde a forrageira se encontra, o que eleva o aporte nutritivo da mesma em épocas de seca.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA FILHO, S. L. **Minerais para ruminantes**. Uberlândia: EDUFU, 2016.
- ANDRIGUETTO, Jose Milton; PERLY, Luimar. **Nutrição animal: bases e fundamentos**. NBL Editora, 1994.
- ARTINGTON, J. D.; SWENSON, C. K. Effects of trace mineral source and feeding method on the productivity of grazing Braford cows. **The Professional Animal Scientist**, v. 20, n. 2, p. 155-161, 2004.
- BERCHIELLI, Telma Teresinha; PIREZ, Alexandre Vaz; OLIVEIRA, Simone Gisele de. **Nutrição de ruminantes**. São Paulo: FUNEP, 2006.
- CHURCH, David C. **El rumiante: fisiología digestiva y nutrición**. Zaragoza: Acribia, 1988.
- COELHO DA SILVA, José Fernando; LEAO, Maria Ignez. **Fundamentos de nutrição dos ruminantes**. Piracicaba: Livrocetes, 1979.
- DA SILVA, Emanuel Isaque Cordeiro. **Relação e Efeitos Bioquímico-nutricionais Sobre a Retenção de Placenta em Vacas**. Acervo pessoal do autor. Disponível em: [Retenção de Placenta-Researchgate.pdf](#). Acesso em: Dezembro de 2020.
- DE PAULA SILVEIRA, Leidiane. Suplementação mineral para bovinos. **Pubvet**, v. 11, p. 424-537, 2016.
- FAIRWEATHER-TAIT, Susan J.; JOHNSON, Ian T. Bioavailability of minerals. In: **Colonic microbiota, nutrition and health**. Springer, Dordrecht, 1999. p. 233-244.
- FICK, K. R.; MCDOWELL, L. R.; HOUSER, R. H. Current status of mineral research in Latin America. In: **Latin American Symposium on Mineral Nutrition Research with Grazing Ruminants**. Gainesville: University of Flórida, 1978. p. 149-162.
- GREENE, L. W. Designing mineral supplementation of forage programs for beef cattle. **J. Anim. Sci**, v. 77, n. 1, 2000.
- GREENE, L. W. The nutritional value of inorganic and organic mineral sources. In: **Proc. Plains Nutr. Council Symp. Texas Tech Univ., Lubbock**. 1995. p. 23-31.
- HALE, Chad Shawn; OLSON, K. C. **Mineral supplements for beef cattle**. MU Extension, University of Missouri--Columbia, 2001.
- LALMAN, David Leon; MCMURPHY, Casey. **Vitamin and mineral nutrition of grazing cattle**. Division of Agricultural Sciences and Natural Resources, Oklahoma State University, 2004.
- LANA, R. de P. **Sistema Viçosa de formulação de rações**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2007.
- MARTIN, L. C. T. **Nutrição mineral de bovinos de corte**. São Paulo: Nobel, 1993.

- MCDOWELL, Lee R. Feeding minerals to cattle on pasture. **Animal feed science and technology**, v. 60, n. 3-4, p. 247-271, 1996.
- MCDOWELL, Lee R. Mineral deficiencies and toxicities and their effect on beef production in developing countries. In: **Symposium: Beef cattle production in developing countries University of Edinburgh, Scotland**. 1976. p. 216-241.
- MCDOWELL, L. R. Minerais para ruminantes sob pastejo em regiões tropicais, enfatizando o Brasil. São Paulo: Unesp, 1999. **Boletim técnico**, v. 3.
- MCDOWELL, Lee Russell *et al.* **Minerals in animal and human nutrition**. Elsevier Science BV, 2003.
- MEDEIROS, Gomes *et al.* **Nutrição de bovinos de corte: fundamentos e aplicações**. Brasília DF: Embrapa 2015.
- MESCHY, François. **Nutrition minérale des ruminants**. Quae, 2017.
- MOREIRA, L. M.; SANTOS, M. E. R.; FONSECA, D. M.; MARTUSCELLO, J. A.; MORAIS, R. V.; MISTURA, C. Produção animal em pastagem de capim-braquiária adubada com nitrogênio. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 63, p. 914-921, 2011.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of beef cattle**. 7.ed. Washington, D.C.: 1996.
- NATIONAL REQUIREMENT COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of beef cattle**. 7.ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 2001.
- NATIONAL ACADEMIES OF SCIENCES, ENGINEERING, AND MEDICINE *et al.* **Nutrient requirements of beef cattle**. National Academies Press, 2016.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL *et al.* **Mineral tolerance of animals**. National Academies Press, 2005.
- NICODEMO, Maria Luiza Franceschi. **Cálculo de misturas minerais para bovinos**. Embrapa Gado de Corte, 2001.
- OLIVEIRA, D. E. **Minerais: funções, deficiências, toxidez e outros aspectos da suplementação**. Rio Claro: Agroceres, 2005.
- PEIXOTO, Paulo Vargas *et al.* Princípios de suplementação mineral em ruminantes. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 25, n. 3, p. 195-200, 2005.
- POND, Wilson G.; CHURCH, David C.; POND, Kevin R. **Fundamentos de nutrición y alimentación de animales**. Limusa, 2002.
- RESOURCE MANAGEMENT COUNCIL OF AUSTRALIA *et al.* **Feeding standards for Australian livestock. Ruminants**. Melbourne: Csiro Publishing, 1990.
- SEWELL, Homer B. **Minerals for beef cattle: needs**. Columbia: University of Missouri, 1984.

- DE SOUSA, J. C. Formulação de misturas minerais para bovinos de corte. **Embrapa Gado de Corte-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 1985.
- STEWART, Lawton. **Mineral supplements for beef cattle**. 2010.
- SUTTLE, Neville F. **Mineral nutrition of livestock**. Cabi, 2010.
- TEIXEIRA, J. C.; TEIXEIRA, LFAC. **Alimentação de bovinos leiteiros**. FAEPE, Lavras, 1997.
- TEIXEIRA, J. C. **Nutrição de ruminantes**. Lavras: FAEPE, 1992.
- THIAGO, LRL de S.; SILVA, JM da. **Suplementação de bovinos em pastejo**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2001.
- WARD, Marcy; LARDY, Greg. **Beef cattle mineral nutrition**. 2005.



Nutrição e Suplementação Mineral de Bovinos de Corte

Emanuel Isaque Cordeiro da Silva
Técnico em Agropecuária
Acadêmico em Zootecnia
emanuel.isaque@ufrpe.br
(82) 98143-8399

