

Suplementação e formulação de sal mineral e mistura múltipla para bovinos

Emanuel Isaque Cordeiro da Silva^{1*}

¹Técnico em agropecuária. Especialista em alimentos e alimentação animal. Graduando em Bacharelado em Zootecnia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil. Pesquisador do Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), Brasil. (*Autor correspondente: emanuel.isaque@ufrpe.br)

Histórico do Artigo: Submetido em: 11/10/2023 – Revisado em: 01/02/2024 – Aceito em: 03/04/2024

RESUMO

Nas condições brasileiras de criação de bovinos em sistemas semiextensivo e, essencialmente extensivo, os animais apresentam desempenho irregular conforme as épocas do ano. No período das águas, isto é, chuvoso, os animais apresentam desempenho maior; não obstante, no período de escassez de chuva, seco, a produção de carne e leite declina acentuadamente, os animais perdem peso e o ritmo de crescimento dos novilhos e novilhas é reduzido. Isso ocorre em detrimento do excedente ou falta de forragem na pastagem que os animais possuem acesso. Os ruminantes, graças às particularidades fisiológicas do seu trato gastrointestinal, podem sintetizar uma boa parte das vitaminas que necessitam, entretanto, são sumariamente dependentes da ingestão de minerais para a manutenção da produção e bom desenvolvimento ósseo, muscular etc. A mineralização ou suplementação do rebanho bovino é uma prática zootécnica de extrema importância e viável da perspectiva prática e econômica, uma vez que se almeja maximizar a produtividade dos animais. Diante deste contexto, assume-se que a formulação correta de sal mineral ou de misturas múltiplas contendo os minerais escassos nos volumosos ou concentrados é de extrema importância, uma vez que a correta suplementação visa aumentar a fertilidade, a melhoria da eficiência alimentar do rebanho e prevenir a manifestação de doenças relacionadas a carência de minerais.

Palavras-Chaves: Suplementação, Minerais, Mistura múltipla, Exigências, Bovinos.

Supplementation and formulation of salt mineral and multiple mixture for cattle

ABSTRACT

In Brazilian conditions of bovines creation in semi-extensive and essentially extensive systems, the animals present irregular performance depending on the time of year. During the waters station, that is, the rainy season, the animals perform better; notwithstanding, during dry rain-scarce periods, meat and milk production declines sharply, animals lose weight and the growth rhythm of steers and heifers is reduced. This occurs at the expense of the surplus or lack of forage in the pasture that the animals have access to. Ruminants, thanks to the physiological particularities of their gastrointestinal tract, can synthesize a good part of the vitamins they need, nonetheless, are summarily dependents on the intake of minerals to maintenance the production and good development osseous, muscular etc. The mineralization or supplementation of cattle herds is an zootechnical practice of extreme importance from a practical and economic perspective, since it longs of to maximize animal productivity. Given this context, takes on is that the correct formulation of mineral salt or multiple mixtures containing scarce minerals in roughage or concentrates is extremely important, since correct supplementation aims to increase fertility, improve the herd's feeding efficiency and prevent the manifestation of diseases related to mineral deficiency.

Keywords: Supplementation, Minerals, Multiple mixture, Requirements, Cattle.

1. Introdução

É fato que o Brasil é um grande produtor de carne e leite mundial. A produção de carne estimada para 2023 é de 10,45 milhões de toneladas¹, já a produção de leite no país foi de 34,6 bilhões de litros em 2022². Essas altas produções de carne e leite conferem ao país o status de segundo maior produtor de carne bovina do mundo¹ e o sexto maior produtor de leite mundial³. Além do país ser um grande produtor e possuir um dos maiores efetivos bovinos do mundo, boa parte do rebanho nacional é essencialmente criado à pasto, estima-se que 88% da carne bovina produzida no país é de criações mantidas em sistema extensivo com alimentação volumosa⁴, o que tem sido um dos pilares para a expansão da pecuária de corte brasileira, diante o fato de que o pasto é a forma de alimento mais barata que o produtor possui para fornecimento ao animal⁵.

Diante deste cenário de produção majoritariamente sob pastagem, os animais apresentam carências ou distúrbios relacionados principalmente ao déficit de minerais e/ou vitaminas presentes na forragem^{6,7}. Os solos brasileiros são deficientes em muitos dos minerais que os bovinos necessitam para o bom desempenho, logo, as plantas e forrageiras que nascem sob estes solos apresentam carências minerais que deverão ser corrigidas com a finalidade de manutenção da boa produção no país.

Suplementar é fornecer aos animais alimentos, nutrientes específicos, aditivos ou uma mistura destes para complementar uma dieta base que está desbalanceada ou carente de nutrientes essenciais ao organismo e microrganismos dos animais, com a finalidade de aumentar o consumo e/ou a utilização dos nutrientes para obter uma determinada resposta sobre a manutença, produção, reprodução e/ou sanidade do animal. Um programa de suplementação deverá focar no suprimento dos nutrientes deficientes para o animal e/ou os microrganismos do rúmen.

Existe uma série de fórmulas minerais e suplementos disponíveis no mercado, não obstante, devemos estar atentos à fórmula e às necessidades dos animais para avaliar o potencial de suprimento dos requerimentos do animal pelo produto. A avaliação dos produtos como o sal mineral ou misturas múltiplas é uma tarefa simples e visa o atendimento das necessidades minerais do animal pela composição bromatológica da matéria mineral presente no produto e pela mistura de ingredientes neste^{7,8,9}.

Para evitar a manifestação de distúrbios ou doenças associados aos minerais e seu déficit ou excesso na ração e/ou suplemento, devemos formular um sal mineral ou mistura múltipla que supra o aporte carencial da forragem consumida pelo animal em pastejo.

2. Material e Métodos

Objetiva-se atualizar os conceitos e conhecimentos acerca da correta suplementação mineral dos bovinos, além de apresentar de forma clara e objetiva a formulação de sal mineral e misturas múltiplas para estes animais criados em pastejo no Brasil. Serão abordados os conceitos e definições preliminares, as necessidades minerais dos bovinos em diferentes fases fisiológicas e de produção, a composição mineral das principais forrageiras do Brasil e, por fim, modelos matemáticos para a formulação de misturas minerais de alta eficiência. Para tanto, foram utilizados livros da área de nutrição animal, enfatizando o tema minerais e artigos selecionados nas bases de dados do Google Acadêmico, Mendeley e Scholar Scientific Electronic Library Online (ScliELO). A pesquisa foi realizada utilizando as palavras-chave “bovinos a pasto”, “suplementação de bovinos”, “formulação de sal mineral”, “mistura mineral para bovinos” e “nutrição mineral de bovinos”, onde foram realizados filtros para a seleção dos artigos e/ou livros que estivessem de acordo com os critérios como escrita, ano de publicação, título acadêmico dos autores e avaliação CAPES da revista ou jornal em questão.

3. Resultados e Discussão

3.1 Princípios da suplementação

Podemos definir a suplementação como o ato em que o homem adiciona produtos minerais ou nutrientes deficientes na forragem disponível na pastagem, relacionando-os com as necessidades dos animais em pastejo⁴.

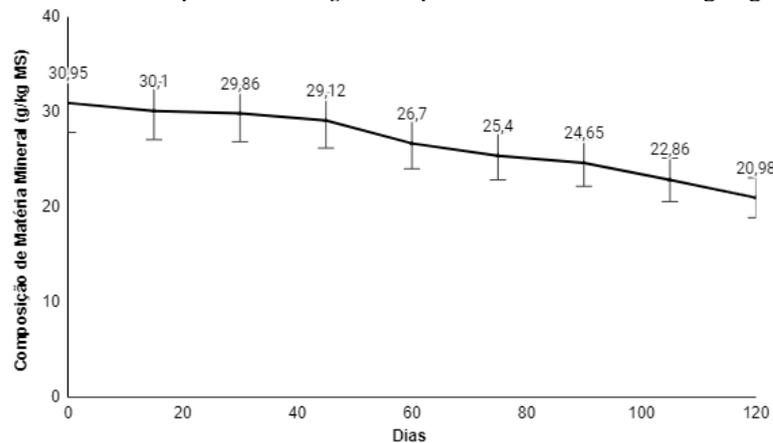
A suplementação mineral é de suma essência para aumentar a fertilidade, melhorar a eficiência alimentar de um animal ou de um lote e atuar no controle de doenças associadas à carência mineral¹⁰. Muitos são os fatores que afetam as necessidades de suplementação mineral como os relacionados ao animal de acordo com a idade, sexo, raça e nível de produção de leite e carne; o clima ou a estação do ano, que relaciona-se com a perda de sais, principalmente cloreto de sódio (NaCl) pelo processo de sudorese; as interrelações entre os minerais, em que o excesso ou deficiência de um pode interferir diretamente na absorção de outro; as correlações que existem entre as frações orgânicas e minerais presentes nos ingredientes como o oxalato de cálcio ou o fósforo ligado ao fitato; as formas física e química do mineral, uma vez que interferem na disponibilidade do elemento no organismo animal; os sais presentes na água de bebida dos animais; além de, por fim, a composição do alimento que o animal está consumindo^{4,6,7,10}.

Os suplementos, englobando os minerais, proteicos, energéticos etc., são comumente utilizados para adicionar nutrientes extras ou suprir a deficiência daqueles limitantes ao desempenho animal⁴. Geralmente, a suplementação da dieta de animais em pastejo é realizada com os objetivos de corrigir a carência de nutrientes da forragem, aumentar a capacidade de suporte da pastagem, potencializar o ganho de peso por animal ou por lote, diminuir a idade de abate uma vez que o animal ganhará mais peso em menor tempo, auxiliar no manejo das pastagens e, por fim, fornecer aditivos ou promotores de crescimento quando estes são utilizados junto ao produto^{11,12}. Dessa forma, a suplementação deve ser usada como estratégia de maximizar a utilização da forragem disponível, sabendo-se que o suplemento não deverá fornecer um aporte nutricional/mineral excedente das necessidades dos animais^{13,14}. Diante deste cenário, por meio da adição de nutrientes/minerais específicos, que resultarão no consumo de maior quantidade de matéria seca (MS) e no aumento na eficiência da digestão desta, pode-se atingir os objetivos esperados com a suplementação^{4,15,16}.

3.1.1 Quando suplementar os animais?

A decisão da época e do número de suplementações que o produtor efetuará ao longo do ano dependerá das condições do solo, clima, condições fenológicas da planta etc¹⁷. O pasto bem formado de folhas jovens e robustas implica em melhor composição mineral e nutricional, além de ser melhor digestível; por sua vez, um pasto senescente implica em maior quantidade de fibra e material pouco digestível, conseqüentemente menor capacidade de aporte nutricional⁵. A figura 1 apresenta o comportamento da composição da matéria mineral da planta conforme o estágio fenológico da forrageira *Digitaria* sp. em Belo Jardim, Pernambuco, Brasil.

Figura 1 – Composição mineral de *Digitaria* sp. em Belo Jardim conforme estágio vegetativo
 Figure 1 – Mineral composition of *Digitaria* sp. in Belo Jardim according vegetative stage



Fonte: Adaptação baseada em Chenost *et al.*, 1975.
 Source: Adaptation based in Chenost *et al.*, 1975.

A figura 1 dispõe da composição mineral de uma forrageira *Digitaria* sp. os dados para elaboração do gráfico, isto é, os elementos utilizados para a elaboração foram a composição de cálcio (Ca), fósforo (P), potássio (K), sódio (Na), magnésio (Mg), manganês (Mn), zinco (Zn) e cobre (Cu)^{17,18}.

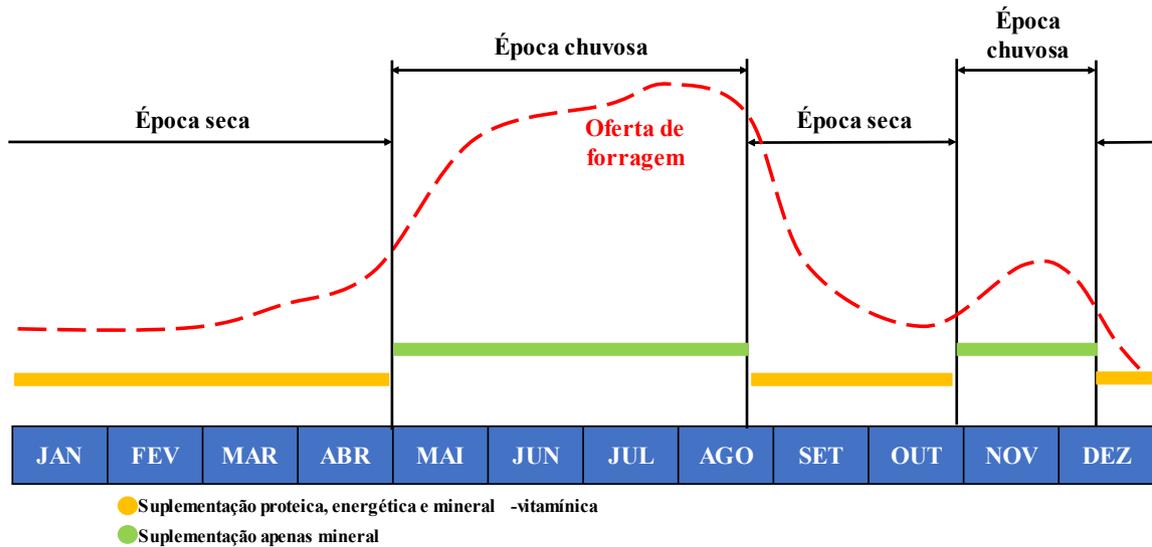
Existe dois tipos de suplementação animal, a de período das águas e a do período seco, ou seja, suplementação durante as chuvas e durante a seca^{7,17}.

Na suplementação durante as chuvas o principal objetivo é alcançar ganhos de peso por animal ou por lote acima do potencial que as forrageiras das pastagens podem ofertar¹⁶, isto é, se, por exemplo, um hectare de pastagem de *Panicum maximum* cv. Mombaça o ganho de peso médio (GPM) por animal por dia pode chegar a 350 g com uma suplementação de 2 kg de produto comercial com 40% de proteína bruta (PB) o ganho pode chegar a 620 g/animal/dia¹⁹. Contudo, se a massa de forragem for muito alta associado com alto teor de proteína e baixo teor de fibra e em detrimento do número de animais ou se houver situação de subpastejo não haverá qualquer resposta do animal ao suplemento, esta é uma situação muito difícil de ser encontrada nas condições brasileiras onde há pastagens com gramíneas tropicais majoritariamente²⁰.

A suplementação durante a seca é de suma importância, uma vez que as forragens, em estágio senescente na maioria das vezes, possuem baixos teores de PB, ficando em torno de <10%¹⁷ e, conseqüentemente, menor composição mineral⁷. Nesta fase, época seca, o suplemento é utilizado para adequar os níveis proteína, ou nitrogênio, que estão em carência nas dietas dos animais, com isso, aumentando a eficiência na degradação da fração fibrosa dos volumosos e, conseqüentemente, aumenta-se a taxa de passagem do alimento e o consumo de matéria seca (CMS) da forragem²⁰.

Durante o ano faz-se necessário a suplementação dos animais em diferentes momentos, por exemplo, durante as chuvas, com o excedente de forragem de boa qualidade, o produtor pode optar pela oferta de sal mineral à vontade aos animais no cocho coberto na pastagem ou pelo cocho exclusivo para sal na baía. Durante a época seca, a suplementação deverá ser para além da mineral, necessitando-se de suplementação mineral, proteica e energética para manutenção dos animais ou para melhor eficiência dos gastos com a alimentação na propriedade. A figura 2 mostra um modelo de suplementação para bovinos com base nas condições edafoclimáticas e da condição e oferta de forragem na cidade de Belo Jardim²¹.

Figura 2 – Modelo para suplementação animal em Belo Jardim, Pernambuco, Brasil
 Figure 2 – Animal supplementation model for Belo Jardim, Pernambuco, Brazil



Fonte: Elaborado pelo autor com adaptação baseada nos dados do Inmet²¹.

Source: Elaborate by author with adaptation based in Inmet dates²¹.

A composição desejável de um suplemento depende da quantidade e qualidade da forrageira a ser suplementada, bem como da categoria animal e do objetivo de produção almejado¹⁶. Com qualquer tipo de suplemento, seja energético, proteico, mineral etc., a resposta à suplementação somente será positiva se a dieta base for deficiente nos nutrientes fornecidos pelo suplemento e haverá uma resposta positiva até o ponto em que estes nutrientes deixam de ser limitantes para o animal e/ou para a microbiota ruminal²².

3.1.2 Tipos de suplementos

Existem diferentes tipos de suplementos cuja indicação de uso varia em função das características da composição botânica da pastagem, o nível de suplementação, as características inerentes do animal e do objetivo de produção que é buscado. A eleição inadequada do tipo e/ou nível de suplementação pode acentuar o desbalanço de dietas e impactar negativamente ocasionando uma resposta desfavorável na produção^{8,10}.

Os suplementos minerais são constituídos por sais dos minerais a serem suplementados (p.e. fosfato bicálcico, óxido de magnésio, sulfato de zinco, selenito de sódio etc.) e um veículo aromatizante/saborizante (sal comum, melão desidratado, farelo de algodão etc.) que o torna palatável para os animais e ajuda na regulação do seu consumo^{23,24}. Uma boa mistura mineral para bovinos deve apresentar, no mínimo, 6 a 8% de P, em áreas onde a forragem possui menos que 0,2% do mineral em sua composição, é preferível um mínimo de 8 a 10% de P, pois níveis menores provavelmente não atenderão às necessidades dos animal²⁵; relação Ca:P não mais que 2:1, porém podem extrapolar desde que haja P adequado na dieta²⁵; suprir ao menos 50% das necessidades de microminerais (Mn, Zn, Cu, cobalto (Co), iodo (I), selênio (Se) etc.), e em solos com deficiência comprovada suprir 100% dos requerimentos; fontes de minerais com boa disponibilidade biológica e isentas de corpos estranhos e/ou elementos tóxicos, a exemplo o excesso de flúor (F) em fosfatos provenientes de rochas; apresentar boa palatabilidade; possuir um bom tamanho de partículas para facilitar a absorção; ser provenientes de fabricantes idôneos^{10,23,24}.

Os suplementos proteicos visam suprir o déficit de proteína existente nas forrageiras, principalmente durante a época seca²⁴. A sua oferta em quantidades de 0,1 a 0,3% do peso vivo (PV) do animal estimula a digestão da forragem e incrementa o consumo da mesma, melhorando o desempenho do gado que consome-

a^{11,24,26,27}. Um bom suplemento proteico caracteriza-se por possuir um mínimo de 30% de PB; ser elaborado com base no conceito de proteína verdadeira, já que é melhor utilizada que o nitrogênio não proteico (NNP); quando se empregar ureia como fonte de NNP não exceder 3% do elemento no suplemento; quando utilizar ureia usar a referência de 3 gramas (g) de enxofre (S) inorgânico para cada 100 g de ureia^{26,27,28,29}.

Os sais proteinados são produtos compostos usualmente por 10% de ureia, uma fonte de proteína verdadeira, por exemplo o farelo de soja, uma fonte de carboidratos de fácil fermentação (milho, sorgo etc.), e 15 a 30% de cloreto de sódio que serve como regulador do consumo e uma mistura mineral^{27,30}. Este tipo de suplemento pode ser ofertado na base de 0,1 a 0,2% do PV do animal³⁰.

Suplementos energéticos estão formulados em base de grãos de cereais como milho, trigo, sorgo etc., ou com subprodutos como a casca de arroz etc.; possuem ou não mistura de concentrados proteicos (farelo de soja, ureia, farelo de girassol etc.); em alguns casos necessitam de mistura mineral, especialmente com fonte de Ca para correção do desbalanço na relação Ca:P que os grãos apresentam³¹. Possuem alto teor de energia, em torno de 70 a 90% de nutrientes digestíveis totais (NDT); além disso, possuem baixos teores de fibra (8 a 14% de fibra em detergente ácido (FDA)), e uma composição intermediária em PB (10 a 14%). Os níveis de suplementação geralmente variam entre 0,5 e 1,0% do PV do animal dependendo da qualidade e disponibilidade do pasto³².

Os suplementos de autoconsumo apresentam reguladores de consumo como cloreto de sódio, ácido fosfórico, cloreto de cálcio etc. para assegurar que os animais consumam apenas a quantidade de suplemento necessária para satisfazer seus requerimentos sem que haja excesso de consumo e possíveis distúrbios relacionados a este excesso³³. Os animais possuem acesso permanente ao suplemento, ou seja, o fornecimento aos animais é *ad libitum*³⁴. A utilização indicada de cloreto de sódio em suplementos é de 10% da necessidade de consumo do suplemento, ou seja, se o animal necessita consumir 1% do seu PV em um dado suplemento, então a adição de sal será de 0,1% do PV do animal³⁵, por exemplo, um animal de 500 kg de PV que necessita de 5 kg de suplemento energético-proteico, logo a adição necessária de sal ao suplemento é de 500 g para que haja como regular eficiente do consumo, além de fornecer Na e Cl.

A decisão do tipo de suplemento a se utilizar depende do conhecimento das necessidades minerais dos animais e da estimativa da produção e qualidade da forragem selecionada pelos animais em pastejo. Logo, temos que o suplemento formulado é a razão entre o que foi selecionado pelo animal em pastejo menos a sua necessidade mineral³⁵.

3.2 Fundamentos para a suplementação de bovinos no Brasil

A estação seca traz consigo uma série de consequências negativas, dentre elas a diminuição da disponibilidade de água para o pasto, o qual afeta negativamente sua velocidade de crescimento; o período de descanso deve ser maior para conseguir uma massa de forragem que permita suportar uma carga animal significativa, com a qual diminuem-se consideravelmente a qualidade nutricional do pasto. Para o pasto de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk, espécie adaptada às condições tropicais, há uma diminuição no conteúdo de PB de 7,69 para 4,75, em idades de 56 e 112 dias sem pastejo ou corte, respectivamente, e aumento nas frações de FDN e FDA no mesmo intervalo³⁶. Com a mudança da estação chuvosa para o período seco, a composição bromatológica e a qualidade e quantidade da forragem variam. Para pasto de *B. decumbens* cv. Basilisk, foram observadas variações na composição de PB, FDN e FDA conforme as estações seca e chuvosa; na lâmina foliar a PB passou de 9,17% para 7,56%, FDN de 70,62% para 65,4% e FDA de 37,97% para 35,42%, para os períodos chuvoso e seco, respectivamente. Por sua vez, à nível de colmo a PB foi de 3,81% para 4,53%, FDN de 81,32% para 82,85% e FDA de 52,87% para 56,12% para os períodos chuvoso e seco, respectivamente³⁷. Outros estudos também alicerçam a ideia de que a composição nutricional das plantas forrageiras possui grande influência do clima. A tabela 1 apresenta as variações na composição química de algumas forrageiras do gênero *Brachiaria* conforme o período climático e diferentes autores.

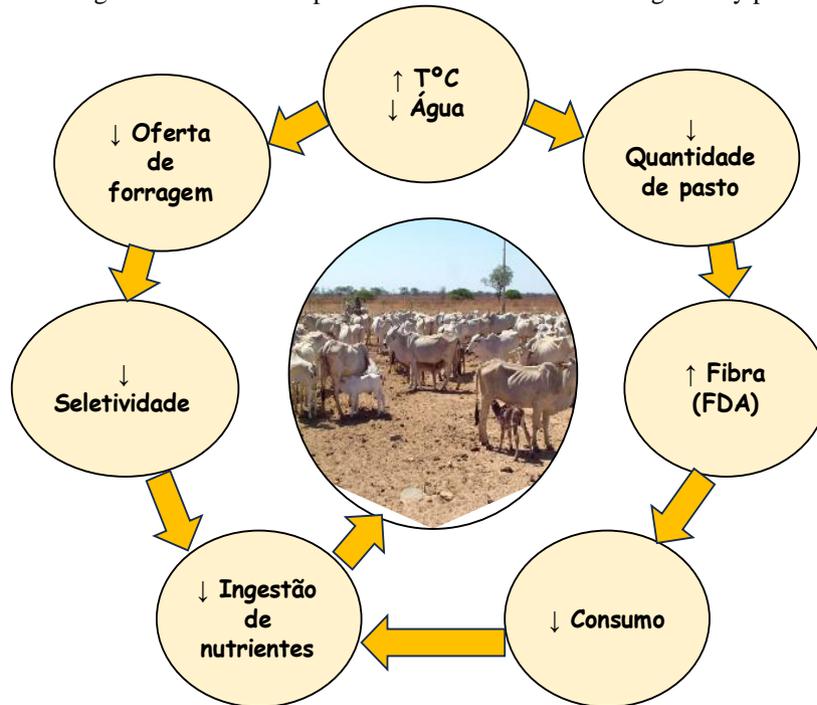
Tabela 1 – Composição química de algumas forrageiras do gênero *Brachiaria*, no período chuvoso e seco
 Table 1 – Chemical composition of some forages of gender *Brachiaria*, in the rainy and dry periods

Forrageira	Composição química (%)						Referência
	Estação chuvosa			Estação seca			
	PB	FDN	NDT	PB	FDN	NDT	
<i>B. decumbens</i>	9	69	55	5	71	54	(38)
<i>B. brizantha</i> cv. Marandu	12	63	64	8	68	59	(39)
<i>B. brizantha</i> cv. Xaraés	8	64	-	6	69	-	(40)

Fonte: Elaborado pelo autor.
 Source: Elaborated by author.

Durante o período seco a relação folha:colmo é menor, ou seja, reduz-se a proporção de folhas e aumenta-se a de colmos e de material senescente; desta forma, o aumento no período de descanso impacta não apenas no conteúdo de PB, mas também aumenta a FDA. Dito isto, quando a quantidade de FDN ou FDA aumentam, a capacidade de consumo, a digestibilidade da MS e a concentração de energia e minerais diminuem⁴. Finalmente, a menor oferta de forragem reduz a capacidade de seleção de partes mais digestíveis, suculentas e de melhor aceitabilidade e densidade nutricional pelos bovinos, afetando o consumo de nutrientes como proteína, energia e minerais (Figura 3)⁵. Adicionalmente ao problema da baixa oferta e qualidade da forragem está o estresse que os animais vivenciam dada às altas temperaturas, principalmente em condições de pastejo ou estabulação sem sombreamento. Quando os bovinos estão fora da zona de termoneutralidade e entram na zona crítica superior ou inferior de temperatura, reduzem o consumo de matéria seca (CMS)⁴¹.

Figura 3 – Problemática nutricional do gado de corte durante o período seco
 Figure 3 – Nutritional problematic of beef cattle during the dry period



Fonte: Elaborado pelo autor.
 Source: Elaborado pelo autor.

Em consequência das limitações edafoclimáticas, a maioria dos pastos do Brasil não satisfazem as necessidades de minerais dos animais^{42,43}. Em adição, com a maturidade da planta observa-se uma diminuição gradual no conteúdo de minerais, principalmente P, Zn, Fe, Co e Mo, durante o processo fisiológico de crescimento e maturação⁴⁴. A tabela 2 apresenta dados de como a idade da planta afeta a composição mineral da *B. ruziziensis* e *Chloris gayana* (capim-rhodes)⁴⁴. A tabela 3 apresenta a variação na composição mineral de *B. decumbens* em área não fertilizada e pasto disseminado naturalmente em Itambé, Pernambuco⁴⁵. A tabela 4 apresenta variação na composição mineral de *B. brizantha* cv. Marandu conforme o período de descanso do pasto⁴⁶.

Tabela 2 – Composição mineral de *B. ruziziensis* e *C. gayana* em diferentes idades
 Table 2 – Mineral composition of *B. ruziziensis* and *C. gayana* at different ages

Forrageira	Idade (dias)	Ca	P	K	Mg	Na	Fe	Cu	Zn	Mn
		g/kg de MS					mg/kg de MS			
<i>B. ruziziensis</i>	21	3,87	2,50	19,45	5,46	1,29	144,63	2,12	15,45	28,38
	42	3,29	2,11	7,74	5,01	1,65	114,04	8,79	33,55	29,59
	63	4,18	1,39	22,32	4,63	1,37	144,21	1,32	13,84	33,89
<i>C. gayana</i>	21	4,59	2,02	13,15	3,63	2,11	180,23	1,53	16,38	78,67
	42	4,33	5,51	13,14	5,28	1,31	30,12	10,07	61,16	152,27
	63	2,97	2,32	11,89	5,79	1,77	127,38	12,95	64,27	110,72

Fonte: Okukeno *et al.* (2021)⁴⁴.
 Source: Okukeno *et al.* (2021)⁴⁴.

Tabela 3 – Composição mineral de *B. decumbens* no período chuvoso e seco na zona da mata de Pernambuco
 Table 3 – Mineral composition of *B. decumbens* in rainy and dry season in Pernambuco Forest Zone

Período	N	Ca	P	K	Mg
	% na MS				
Seco	1,51	0,56	0,09	1,26	0,10
Chuvoso	1,44	0,86	0,14	1,56	0,08

Fonte: Carvalho *et al.* (2006)⁴⁵.
 Source: Carvalho *et al.* (2006)⁴⁵.

Tabela 4 – Composição mineral do capim Marandu em diferentes períodos de descanso
 Table 4 – Mineral composition of Marandu grass in different rest periods

Período de descanso (dias)	N	Ca	P	K	Mg
	g/kg MS				
21	25,11	4,41	1,91	19,91	3,71
28	24,08	4,17	1,87	19,33	3,27
35	21,54	4,55	1,80	18,71	3,02
42	21,97	4,15	1,72	18,38	2,89
49	20,17	4,88	1,59	18,42	2,57

Fonte: Costa *et al.* (2016)⁴⁶.
 Source: Costa *et al.* (2016)⁴⁶.

Se tomarmos como base a fórmula $N \times 6,25$ para encontrar o valor de PB⁴⁷, com os dados da tabela 3 a forrageira possui 9,4% de PB no período seco e 9% na estação chuvosa. Por sua vez, tirando uma média entre os valores de N da tabela 4, teríamos uma média de 22,57 g/kg de N, logo, utilizando a fórmula para PB teríamos cerca de 14,1% de PB.

Para muitos autores, a composição de minerais das plantas forrageiras é afetada sumariamente pelo estágio de crescimento. À medida que a planta cresce, amadurece, floresce e seca, os teores de minerais importantes para o bom funcionamento do rúmen e de vários processos envolvendo a fisiologia digestiva, a reprodução e a sanidade dos bovinos vão decrescendo significativamente. Além destes fatores, o clima e a taxa de lotação também influenciam sobre a composição mineral das plantas forrageiras. A tabela 5 dispõe de dados de inúmeras forrageiras tropicais e a variação na composição mineral. A tabela 6 apresenta a variação na composição de macrominerais de 5 gramíneas de grande presença no Brasil de acordo com a idade de cada planta.

Tabela 5 – Necessidades minerais de ruminantes e composição mineral de gramíneas forrageiras tropicais (g/kg MS)
 Table 5 – Ruminants mineral requirements and mineral composition of tropical forage grasses (g/kg MS)

Mineral	Nº observações	Necessidades dos ruminantes	Nível do nutriente nas forrageiras		
				Baixo nível	Alto nível
Ca	1123	1,8 – 8,2	Concentração	0 – 3	> 3
			% de observações	31,1	68,9
Mg	290	1 – 2	Concentração	0 – 2	> 2
			% de observações	35,2	64,8
P	1129	1,8 – 4,8	Concentração	0 – 3	> 3
			% de observações	72,8	27,2
K	198	6 – 8	Concentração	0 – 8	> 8
			% de observações	15,1	84,9
Na	146	0,6 – 1,8	Concentração	0 – 1	> 1
			% de observações	59,5	40,5

Fonte: McDowell & Valle (2000) p. 377⁴⁸.
 Source: McDowell and Valle (2000) p. 377⁴⁸.

Tabela 6 – Variação na composição mineral de gramíneas forrageiras de acordo com a idade
 Table 6 – Variation in mineral composition of forage grasses according to the plant age

Gramíneas	Idade (dias)	Composição da forragem (g/kg MS)			
		Ca	P	K	Mg
Capim-mombaça (<i>Panicum maximum</i> cv. Mombaça)	14	4,1	1,8	22,4	2,8
	28	3,4	1,4	23,3	2,3
	42	3,4	1,3	28,0	2,0
	56	3,4	1,0	26,4	1,7
	70	3,1	0,8	25,3	1,4
Capim-gordura (<i>Melinis minutiflora</i>)	14	2,8	2,0	23,0	2,5
	28	2,7	1,8	23,0	2,5
	42	2,7	1,8	22,0	2,5
	56	2,0	0,6	20,0	2,0
	70	2,0	0,5	17,0	1,8

Capim-elefante (<i>Pennisetum purpureum</i>)	28	6,1	3,3	23,8	4,2
	84	3,8	1,5	12,0	2,8
	140	4,3	1,1	3,4	3,6
Capim-pangola (<i>Digitaria decumbens</i>)	28	5,6	1,6	13,2	3,9
	84	5,0	1,1	7,4	3,8
	140	6,6	1,2	3,7	3,9
Capim-jaraguá (<i>Hyparrhenia rufa</i>)	28	4,0	2,8	16,8	4,6
	56	2,0	1,7	6,3	3,6
	84	2,3	1,1	5,7	5,8

Fonte: McDowell & Valle (2000) p. 384⁴⁸.
Source: McDowell and Valle (2000) p. 384⁴⁸.

A tabela 5 representa o quanto das forrageiras apresentam um baixo nível do mineral e a quantidade que representa uma alta concentração do elemento, por exemplo, de 1123 observações para o elemento cálcio cerca de 31,1%, ou seja 349, apresentaram baixo teor do elemento ficando entre 0 e 3 g/kg de MS e 68,9%, ou seja 774, apresentaram alta concentração do mineral em sua composição.

Outros estudos apontam que a adubação do solo, preferencialmente com doses de nitrogênio, influencia bastante a composição mineral das forrageiras (Tabela 7)⁴⁹.

Tabela 7 – Composição mineral (% da matéria seca MS) de gramíneas do gênero *Cynodon* em diferentes doses de nitrogênio e exigências de vacas leiteiras em lactação (vaca com 400 kg peso corporal (PC) com produção de leite (PL) de 20 kg/dia) e gado nelore (animal com 450 kg PC e ganho médio diário (GMD) de 0,5 kg)

Table 7 – Mineral composition (% of dry matter DM) of grasses of gender *Cynodon* in different nitrogen doses and requirements of dairy cows in lactation (cow with 400 kg body weight (BW) with milk production (MP) of 20 kg/day) and cattle nelore (animal with 450 BW and daily medium gain (DMG) of 0,5 kg)

Elemento (%)	Dose de N (kg/ha)				Teor desejável para vacas leiteiras (NASEM, 2021) ⁵⁰	Teor desejável para gado nelore (BR-Corte 2023) ⁵¹
	0	100	200	400		
Coastcross						
Ca	0,69	0,64	0,62	0,59	0,43 – 0,58	0,22
P	0,25	0,26	0,27	0,28	0,28 – 0,37	0,18
K	2,10	2,11	1,89	2,08	0,90	0,34
Mg	0,17	0,18	0,20	0,20	0,20	0,12
S	0,28	0,33	0,36	0,41	0,20	0,14
Tifton-68						
Ca	0,74	0,68	0,68	0,64	0,43 – 0,58	0,22
P	0,23	0,22	0,22	0,23	0,28 – 0,37	0,18
K	2,10	2,16	2,14	2,03	0,90	0,34
Mg	0,24	0,25	0,23	0,25	0,20	0,12
S	0,32	0,36	0,41	0,43	0,20	0,14
Tifton-85						
Ca	0,79	0,76	0,69	0,66	0,43 – 0,58	0,22
P	0,25	0,25	0,25	0,25	0,28 – 0,37	0,18
K	2,40	2,22	2,17	2,17	0,90	0,34
Mg	0,21	0,22	0,21	0,22	0,20	0,12
S	0,33	0,35	0,42	0,46	0,20	0,14

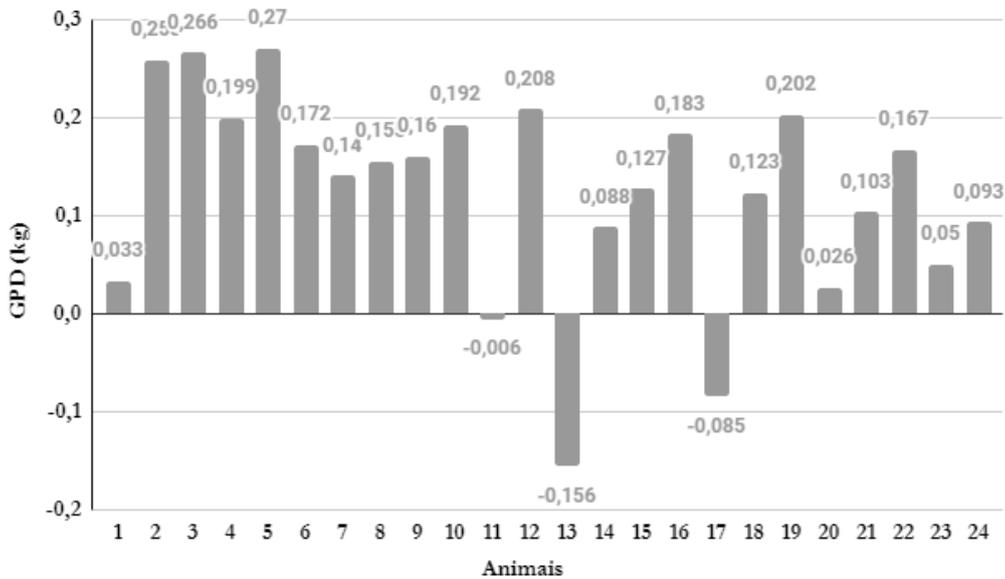
Fonte: Rocha *et al.* (2000)⁴⁹ e adaptação do autor.
Source: Rocha *et al.* (2000)⁴⁹ and author adaptation.

Dada a tabela 7, notamos que, a nível da composição do pasto no Brasil, há que se suplementar os animais principalmente para o elemento P que é o mineral mais deficiente nos solos e, como consequência, nas plantas forrageiras. Por sua vez, para novilhos da raça nelore em engorda à pasto, o pasto supre as necessidades minerais dos animais. Não obstante, não nos esqueçamos que os teores de minerais podem variar em função de uma série de fatores e, como consequência, o pasto poderá apresentar deficiência dos minerais sendo a suplementação uma ferramenta de manejo imprescindível no sistema de produção.

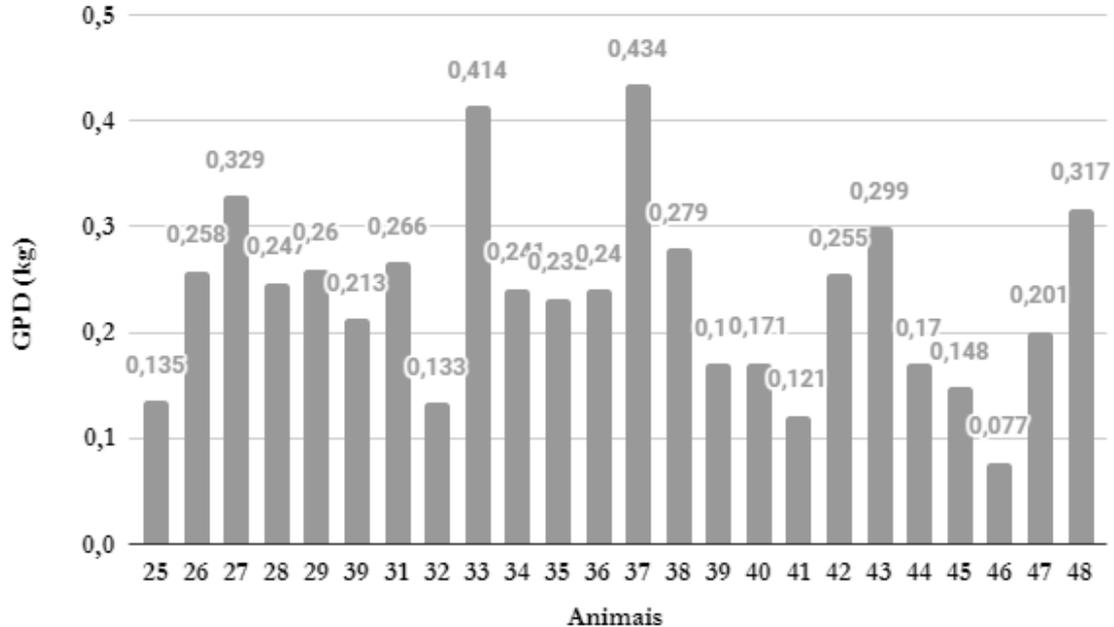
No Brasil, é comum o fornecimento de suplementação em certas épocas do ano, entretanto, há escalonamento da suplementação do rebanho o que faz com que haja uma desuniformidade no ganho de peso e na eficiência do rebanho⁵². Sendo assim, é de suma importância que o fornecimento de sal mineral, proteico, energético, mistura múltipla ou mistura de ambos sejam administrados *ad libitum* aos animais e de forma diária em cocho, preferencialmente, coberto⁵². As figuras 4 e 5 apresentam um estudo sobre o fornecimento de suplemento em pasto de *B. brizantha* e o ganho de peso (GPD) em kg/dia dos animais estudados.

Figura 4 – Ganho de peso (kg/dia) dos animais mantidos em pastagens de *B. brizantha* suplementados três vezes/semana

Figure 4 – Weight gain (kg/day) of animals maintained in *B. brizantha* pastures supplemented three times/week



Fonte: Adaptado de Garcia (2005)⁵².
Source: Adapted of Garcia (2005)⁵².

Figura 5 – Ganho de peso (kg/dia) dos animais mantidos em pastagens de *B. brizantha* suplementados diariamenteFigure 5 – Weight gain (kg/day) of animals maintained in *B. brizantha* pastures supplemented dailyFonte: Adaptado de Garcia (2005)⁵².Source: Adapted of Garcia (2005)⁵².

Um efeito negativo relacionado à redução do número de fornecimento de suplemento por semana é o aumento da variação no ganho de peso dos animais conforme destacado na figura 4, o que propicia heterogeneidade no peso vivo do mesmo lote, quando comparados com os que receberam suplementação diária⁵². Como conclusão do estudo, a suplementação três vezes por semana não é adequada como estratégia de suplementação em detrimento à suplementação diária no período da seca⁵². Analisando os dados do estudo, pode-se concluir que uma das principais causas das diferenças nas respostas individuais seria a ordem de dominância social, que resultaria em ganho de peso diferencial, decorrente do acesso preferencial dos dominantes ao suplemento. Em outras palavras, deve-se estar atento às interações sociais entre os animais para não haver disparidade nos ganhos de peso.

A carência ou desequilíbrio de minerais é uma causa de baixa produtividade, problemas reprodutivos e sanitários do rebanho bovino. Para solucionar estes problemas à nível de Brasil, faz-se necessário o fornecimento de sal mineral, suplemento mineral ou premix mineral.

3.3 Necessidades nutricionais de minerais dos bovinos

As recomendações das exigências minerais dos bovinos de corte e leite podem ser expressas em g/dia, g/kg de leite produzido, g/kg de ganho de peso, % da MS da dieta ou, na maioria das vezes para os microminerais, em mg/kg ou partes por milhão (ppm). Não obstante, é convencional dividir o conteúdo mineral da dieta em % da MS para os macrominerais e em mg/kg para os microminerais^{8,9}. As necessidades minerais dos bovinos são afetadas por uma série de fatores, tais como a raça, taxa de produção, ambiente, incluindo fatores de temperatura e umidade relativa do ar, idade, tratamento prévio recebido, entre outros.

A tabela 8 apresenta as recomendações de minerais para a dieta de bovinos de corte de acordo com diferentes autores. A tabela 9 apresenta as recomendações das necessidades minerais de bovinos leiteiros de

acordo com diferentes fontes literárias. Vale salientar que, em ambas as tabelas 8 e 9, a variação entre as necessidades minerais retratam as diferenças entre o peso corporal e o ganho de peso diário ou o nível de produção de leite, no caso de vacas leiteiras.

Tabela 8 – Necessidades minerais de bovinos de corte

Table 8 – Mineral requirements of beef cattle

Macrominerais	Meschy (2010) ¹⁷	NASEM (2016) ⁵³	INRA (2018) ⁵⁴	BR Corte (2023) ⁵¹
	% da MS			
Ca	0,2 – 0,35	0,2 – 0,3	0,27 – 0,49	0,16 – 0,48
P	0,2 – 0,3	0,19 – 0,25	0,19 – 0,44	0,15 – 0,46
K	0,35 – 1,75	0,65	0,31 – 0,84	0,37 – 1,11
Mg	0,08 – 0,4	0,1 – 0,2	0,06 – 0,09	0,13 – 0,38
Na	0,15 – 0,75	0,1	0,12 – 0,14	0,13 – 0,39
S	0,08 – 0,35	0,08 – 0,15	0,2 – 0,24	0,1 – 0,3
Microminerais	mg/kg			
Fe	20	50	-	302 – 911
Mn	50 – 60	20 – 40	125 – 330	32 – 95
Cu	10	10	25 – 60	10 – 30
Zn	50 – 60	30	125 – 330	38 – 114
Co	0,1	0,15	0,75 – 2,0	1,2 – 3,7
I	0,2 – 0,8	0,5	1,0 – 2,7	-
Se	0,1 – 0,5	0,1	0,1 – 0,2	0,57 – 1,82
Mo	0,1 – 0,5	0,2	1,3 – 3,3	0,50 – 1,59

Fonte: Elaborado pelo autor.

Source: Elaborated by author.

Tabela 9 – Necessidades minerais de bovinos de leite

Table 9 – Mineral requirements of dairy cattle

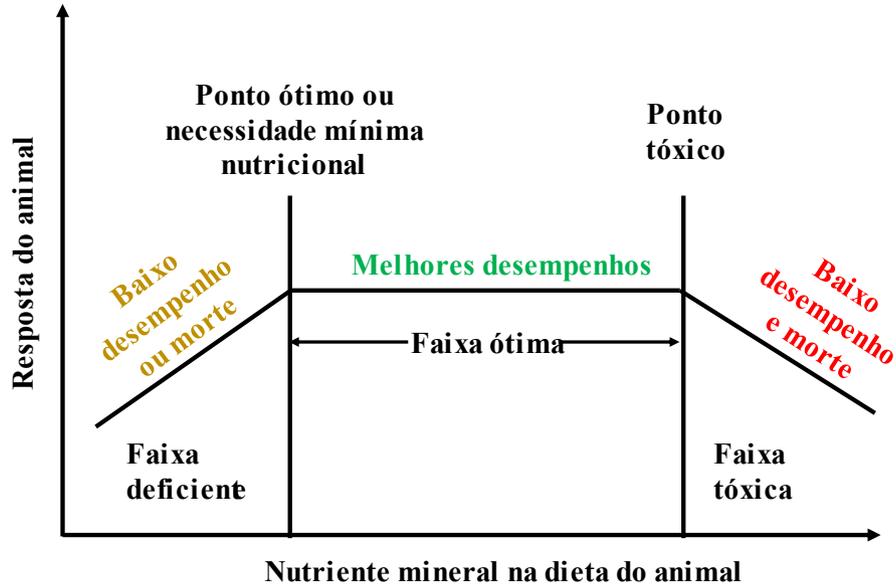
Macrominerais	Meschy (2010) ¹⁷	Almeida Filho (2016) ⁵⁵	INRA (2018) ⁵⁴	NASEM (2021) ⁵⁰
	% da MS			
Ca	0,21 – 0,58	0,4 – 0,6	0,35 – 0,60	0,3 – 0,8
P	0,11 – 0,37	0,2 – 0,4	0,28 – 0,50	0,18 – 0,45
K	1,0 – 1,3	0,5 – 1,1	1,0 – 1,1	0,5 – 1,1
Mg	0,1 – 0,2	0,11 – 0,21	0,18 – 0,25	0,1 – 0,18
Na	0,1 – 0,15	0,1 – 0,22	0,2 – 0,25	0,15 – 0,35
S	0,21	0,2	0,2	0,2
Microminerais	mg/kg			
Fe	18 – 32	20	15 – 25	13 – 90
Mn	50 – 60	13 – 24	50 – 60	26 – 50
Cu	10	11 – 18	10 – 25	5 – 19
Zn	50 – 60	20 – 60	50 – 60	30 – 70
Co	1,6 – 4,8	0,11	0,9 – 8,0	0,2
I	0,2 – 0,8	0,4 – 0,6	0,25 – 0,85	0,41 – 0,78
Se	0,2	0,3	0,25	0,3
Mo	0,1	0,2	0,18	0,19

Fonte: Elaborado pelo autor com base nas equações de predição de cada fonte.

Source: Elaborated by author based in prediction equations of each source.

Os níveis de minerais na dieta dos bovinos podem modificar as respostas do animal, por exemplo seu desempenho em ganho de peso ou produção de leite, conforme estes níveis se apresentem de forma deficiente, em condições ótimas ou em excesso causando toxicidade (figura 6).

Figura 6 – Resposta do animal a um nutriente mineral
 Figure 6 – Response of animal to a mineral nutrient



Fonte: Adaptado de Ammerman & Henry (1979)⁵⁶.
 Source: Adapted of Ammerman and Henry (1979)⁵⁶.

3.4 Fontes de minerais

Atualmente, no Brasil, existe uma série de fontes inorgânicas de nutrientes minerais disponíveis no mercado. A escolha do produto dependerá do custo por unidade dos elementos requeridos, das formas químicas e físicas em que os elementos são combinados, bem como sobre o tamanho das partículas e garantia de ausência de substâncias nocivas ao organismo animal, comprometendo negativamente seu desempenho. A disponibilidade biológica dos elementos nos produtos deverá ser levada em consideração.

A tabela 10, extraída de uma série de trabalhos científicos, apresenta as principais fontes de minerais para os bovinos no Brasil, apresentando também suas formas químicas e físicas, disponibilidade e custos por tonelada de produto, sendo este último imprescindível para a tomada de decisões sobre a formulação de sal mineral na fazenda e/ou escolha do produto a ser fornecido para a suplementação dos animais.

Tabela 10 – Principais fontes de minerais para bovinos no Brasil
 Table 10 – Main sources of minerals for cattle in Brazil

Mineral	Fonte	Fórmula	% do elemento		Forma física do produto	Custo/ton. (R\$)
			% mineral	% outros		
Ca e P	Carbonato de Ca	CaCO ₃	37 - 40	-	Pó branco	650,00
	Calcário calcítico	CaCO ₃	38	-	Pó insolúvel	117,00
	Calcário dolomítico	CaCO ₃ .MgCO ₃	22	12 (Mg)	Pó insolúvel	167,00

	Fosfato monocálcico	$\text{CaH}_4\text{P}_2\text{O}_8$	16 Ca e 20 P	-	Cristais brancos	2.500,00
	Fosfato bicálcico	CaHPO_4	24 Ca e 18 P	-	Cristais brancos	2.000,00
	Fosfato tricálcico	$\text{Ca}_3(\text{PO}_2)_4$	32 Ca e 18 P	-	Cristais brancos	3.700,00
Mg	Óxido de magnésio	MgO	60	-	Pó branco	4.400,00
	Sulfato de magnésio	MgSO_4	10	13 (S)	Cristais brancos	2.900,00
	Carbonato de magnésio	MgCO_3	24	-	Pó branco	2.710,00
	Cloreto de magnésio	MgCl_2	12	35 (Cl)	Pó branco	7.500,00
Na	Sal comum	NaCl	37	60 (Cl)	Cristais brancos	640,00
K	Bicarbonato de potássio	KHCO_3	39	-	Pó branco	1.200,00
	Cloreto de potássio	KCl	50	-	Cristais brancos	2.300,00
	Sulfato de potássio	K_2SO_4	41	28 (S)	Pó branco	1.500,00
S	Flor de enxofre	S^0	96	-	Pó amarelo	1.450,00
Fe	Sulfato ferroso	FeSO_4	37	19 (S)	Pó solúvel	3.000,00
	Óxido de ferro	FeO	53	-	Pó preto	3.750,00
Mn	Sulfato de manganês	MnSO_4	32	19 (S)	Cristais avermelhados	4.320,00
	Óxido de manganês	MnO	77	-	Cristais verdes	2.400,00
Cu	Sulfato de cobre	CuSO_4	25	13 (S)	Cristais azuis	2.680,00
	Óxido cúprico	CuO	80	-	Pó preto	6.800,00
	Cloreto de cobre	CuCl_2	37	-	Cristais verdes	1.500,00
Zn	Sulfato de zinco	ZnSO_4	23	11 (S)	Cristais brancos	3.450,00
	Óxido de zinco	ZnO	80	-	Pó branco	13.000,00
Co	Carbonato de cobalto	ZnCO_3	52	-	Pó branco	750,00
	Cloreto de cobalto	CoCl_2	25	-	Cristais vermelho-escuro	2.320,00
I	Iodato de potássio	KIO_3	59	-	Cristais brancos	750,00
	Iodeto de potássio	KI	76	-	Cristais brancos	12.000,00
Se	Selenito de sódio	Na_2SeO_3	46	-	Cristais brancos	4.160,00

Fonte: Extraído de vários autores^{57,58,59,60,61,62}.
 Source: Extracted from various authors^{57,58,59,60,61,62}.

3.5 Formulação de sal mineral e mistura múltipla para bovinos

Existe uma série de fatores que devem ser levados em consideração para formulação de um suplemento mineral, tais como a composição mineral das plantas forrageiras da pastagem e da biodisponibilidade destes minerais; a quantidade de matéria seca consumida pelos animais; os requerimentos minerais dos animais que são extremamente variáveis; a forma física, a concentração e a biodisponibilidade de cada mineral na fonte comercial; o consumo esperado da mistura mineral por cabeça; a condição prévia do animal em relação ao mineral que será suplementado; e, por fim, a presença de fatores na dieta que interfiram na absorção de um dado mineral⁶³. Para elucidar vamos apresentar situações práticas onde é necessária a formulação de um sal mineral.

1. Estando no período seco, deseja-se formular um sal mineral para bovinos de corte (Nelore) em regime de pasto com peso corporal (PC) de 400 kg e 0,5 kg de ganho de peso diário (GPD). A pastagem é composta por *Brachiaria decumbens*.

Primeiro, devemos conhecer a composição mineral do pasto. Para isso, seria necessário a retirada de uma amostra da planta no campo em diferentes pontos e encaminhar o material para um laboratório, porém as análises minerais são onerosas, ou seja, pode-se utilizar as tabelas de composição de alimentos (Tabela 11).

Tabela 11 – Composição mineral da *B. decumbens* no período seco, com base na matéria seca (MS)

Table 11 – Mineral composition of *B. decumbens* in dry period, based in dry matter (DM)

Ca (g/kg)	P (g/kg)	K (g/kg)	Mg (g/kg)	S (g/kg)	Na (g/kg)	Fe (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Cu (mg/kg)
3,3	0,9	11,5	2,6	1,2	0,09	251	20	201	5,2

Fonte: Moraes (2001) p. 19⁶³.

Source: Moraes (2001) p. 19⁶³.

Agora, necessitamos do conhecimento acerca dos requerimentos minerais do animal (Tabela 12).

Tabela 12 – Necessidades minerais de um bovino de 400 kg PC e GPD de 0,5 kg

Table 12 – Mineral needs of bovine with 400 kg body weight and 0,5 kg weight daily gain

Ca (g/dia)	P (g/dia)	K (g/dia)	Mg (g/dia)	S (g/dia)	Na (g/dia)	Fe (mg/dia)	Zn (mg/dia)	Mn (mg/dia)	Cu (mg/dia)
15	11,3	21,3	7,14	8,6	8,1	1630	322	176	57,5

Fonte: Silva *et al.* (2023)⁵¹.

Source: Silva *et al.* (2023)⁵¹.

Agora, vamos prever o consumo de matéria seca da categoria através da fórmula presente no BR-Corte (2023)⁵¹.

$$\text{CMS (kg/dia)} = -0,4684 + (0,0742 \times \text{PC}^{0,75}) + (0,7953 \times \text{GPD}) - (0,9047 \times \text{GPD}^2) \quad (1)$$

Em que:

CMS é o consumo de matéria seca; PC^{0,75} é calculado o peso metabólico; GPD é o ganho de peso diário.

Utilizando a equação (1) obtemos um CMS de 6,8 kg/dia ou 6800 g/dia. Agora, devemos montar um quadro com os cálculos da composição mineral fornecida pelo consumo de 6,8 kg de MS de forragem, comparar com as exigências do animal e conferir o déficit que deverá ser suprido pelo sal mineral (Tabela 13). Para os macrominerais expressos em (g/kg) a fórmula é: CMS do pasto em gramas vezes a composição do

pasto dividido por 1000. Já para os microelementos, expressos em (mg/kg) a fórmula é: CMS do pasto em gramas vezes a composição do pasto dividido por 1000. O déficit é dado pela razão entre a necessidade do animal menos o ingerido pelo pasto.

Tabela 13 – Avaliação dos requerimentos minerais de um bovino de corte mantido em pastejo
 Table 13 – Evaluation of mineral requirements of beef cattle kept on pasture

Nutrientes	Necessidades	Composição do pasto	Ingerido via pasto	Déficit
Ca	15 g/d	3,3	$6800 \times 3,3 / 1000 = 22,44$	-
P	11,3 g/d	0,9	$6800 \times 0,9 / 1000 = 6,12$	5,18 g/d
K	21,3 g/d	11,5	$6800 \times 11,5 / 1000 = 78,2$	-
Mg	7,14 g/d	2,6	$6800 \times 2,6 / 1000 = 17,68$	-
S	8,6 g/d	11,2	$6800 \times 1,2 / 1000 = 8,16$	0,44 g/d
Na	8,1 g/d	0,09	$6800 \times 0,09 / 1000 = 0,61$	7,49 g/d
Fe	1630 mg/d	251	$6800 \times 251 / 1000 = 1706,8$	-
Zn	322 mg/d	20	$6800 \times 20 / 1000 = 136$	186 mg/d
Mn	176 mg/d	201	$6800 \times 201 / 1000 = 1367$	-
Cu	57,5 mg/d	5,2	$6800 \times 5,1 / 1000 = 34,7$	22,8 mg/d

Utilizando os dados da tabela 10 vamos usar fontes comerciais de minerais para suprir o déficit mineral presente na tabela 13.

a) Para suprir P utilizar fosfato monoamônio com 23% de P:

Déficit de P = 5,18 g

$$100 \text{ g fosfato monoamônio} \rightarrow 23 \text{ g P}$$

$$X \text{ g de FM} \rightarrow 5,18 \text{ g P}$$

$$X = 22,52 \text{ g de fosfato monoamônio}$$

b) Suprir 0,44 g de déficit de S:

Usar flor de enxofre com 96% de S:

$$100 \text{ g de FE} \rightarrow 96 \text{ g S}$$

$$X \text{ g FE} \rightarrow 0,44 \text{ g S}$$

$$X = 0,46 \text{ g de flor de enxofre}$$

c) Suprir 7,49 g de déficit de Na:

Usar sal comum (cloreto de sódio) com 37% de Na:

$$100 \text{ g de sal} \rightarrow 37 \text{ g Na}$$

$$X \text{ g de sal} \rightarrow 7,49 \text{ g Na}$$

$$X = 20,24 \text{ g de sal comum}$$

d) Suprir 186 mg de déficit de Zn usando óxido de zinco com 80% de Zn:

$$100 \text{ g de OZ} \rightarrow 80 \text{ g Zn}$$

$$X \text{ g de OZ} \rightarrow 0,186 \text{ g Zn}$$

$$X = 0,2325 \text{ g de óxido de zinco}$$

e) Suprir 22,8 mg de déficit de Cu usando óxido cúprico com 80% de Cu:

$$100 \text{ g de OC} \rightarrow 80 \text{ g Cu}$$

$$X \text{ g de OC} \rightarrow 0,0228 \text{ g Cu}$$

$$X = 0,0285 \text{ g de OC}$$

A tabela 14 apresenta a formulação final do sal mineral.

Tabela 14 – Formulação final do sal mineral
Table 14 – Formulation final of mineral salt

Ingredientes	Quantidade (g)	Composição (%)	Custo para 1 kg de suplemento (R\$)
Fosfato monoamônio	22,52	51,79	14,00
Flor de enxofre	0,46	1,06	0,02
Sal comum	20,24	46,55	0,32
Óxido de zinco	0,2325	0,53	0,07
Óxido cúprico	0,0285	0,07	0,007
TOTAL	43,48	100	14,42

3.5.1 Mistura múltipla

As misturas múltiplas (MM), também conhecidas como sal proteinado ou energético (SP), são suplementos que buscam suprir algumas deficiências nutricionais dos animais criados a pasto, no que diz respeito a proteína, energia e minerais, principalmente em épocas de período seco onde a qualidade e quantidade da forragem é baixa. Sua finalidade é melhorar as condições de fermentação ruminal em épocas de seca, aumentando o aproveitamento das forragens, principalmente daquelas perderam parte do seu valor nutricional pelo processo de senescência e que, conseqüentemente, ficaram ricas em material fibroso e pouco digestível^{64,65}. Vamos elucidar com um exemplo de formulação, mas é necessário o conhecimento e explanação de alguns conceitos.

- O limite de síntese de proteína microbiana é de 130 g de pm/kg de NDT consumido. Dos quais, dependendo do pasto:
 - 21 g pm/100 g de matéria orgânica fermentável (MOF) em pastagens onde a MOF é > 60%;
 - 19 g pm/100 g de MOF em pastagens (50 a 60% de MOF);
 - 17 g pm/100 g de MOF em pastagens (40 a 50% de MOF);
 - 14 g pm/100 g de MOF em pastagens (35 a 40% de MOF).

Abaixo de 35% de MOF ou DIVMO (digestibilidade in vitro da matéria orgânica) a síntese de proteína microbiana é limitada com < 10 g pm/100 g MOF. Agora, vamos ao exemplo, utilizando a mesma categoria animal da formulação de sal mineral. Dados: Nelore de 400 kg PC, GPD 0,5 kg e CMS de 6,8 kg.

1. Na análise da pastagem chegou a valores de: ✓ 0,96% de Nitrogênio (6% de PB); ✓ 43% (DIVMO). Dessa forma, o disponível para o animal é:

$$6,8 \text{ kg CMS} \rightarrow 100\%$$

$$X \rightarrow 43\%$$

$$X = 2,924 \text{ kg de MOF ou } 2924 \text{ g de MOF}$$

2. Se for considerado uma eficiência de 17 g de pm/100 g de MOF (40 a 50%), teremos:

$$\begin{aligned} 17 \text{ g de pm} &\rightarrow 100 \text{ g MOF} \\ X &\rightarrow 2924 \text{ g de MOF} \\ X &= 497,08 \text{ g de proteína microbiana formada} \end{aligned}$$

3. Seguindo as recomendações de proteína bruta dessa categoria animal do BR-Corte (2023)⁵¹ temos uma necessidade de 708 g de PB/dia, então o déficit é de: $708 - 497,08 = 210,92$ g de PB.

Desta forma, é preciso aumentar a quantidade de MOF para que haja mais síntese microbiana, ou seja, o próximo passo é para corrigir a energia. A suplementação energética pode não afetar ou reduzir o consumo e a digestibilidade da forragem, dependendo da quantidade de suplemento consumido e da oferta de pasto. Geralmente, quando a quantidade de suplemento energético consumido é inferior a 2 g/kg peso corporal (PC), o consumo de forragem não é afetado⁶⁶.

4. Corrigir a energia: fonte utilizada- Fubá de Milho (85% de MOF e 21g de Ptnµb/100g de MOF), logo:

$$\begin{aligned} 21 \text{ g pm} &\rightarrow 100 \text{ g MOF} \\ 210,92 \text{ g pm} &\rightarrow X \\ X &= 1004,4 \text{ g de fubá de milho} \end{aligned}$$

- Como 85% do fubá de milho é MOF, então se tem: $1004,4 \text{ g de MOF} / 0,85 = 1181,6 = 1190$ g de fubá de milho.

5. Para melhorar a eficiência no consumo e otimizar o ambiente ruminal, pode-se empregar carboidratos de rápida fermentação, por exemplo 10% de melaço, então: $1190 \times 10\% = 119 = 120$ g de melaço: $120 \text{ g de melaço} + 1070 \text{ g de fubá de milho} = 1190 \text{ g}$.

6. Corrigir o nitrogênio (N): a necessidade de N do animal é $708 \text{ g PB} / 6,25$ (constante da fórmula $N \times 6,25$) = 113,28 g de N/dia.

- Fornecido pelo pasto: $\text{CMS} \times \text{N do pasto} = 6800 \times 0,96\% = 65,28 \text{ g de N}$;
- Fubá de milho: $1070 \times 1,49\%$ (9,3% de PB/6,25) = 15,94 g de N;
- Melaço: $120 \times 0,49\%$ (3,06% de PB/6,25) = 0,69 g de N.
- Total oferecido: $65,28 + 15,94 + 0,69 = 81,91 \text{ g de N/dia}$.
- Considerando que 85% do N da dieta é transferido para o N microbiano, se tem: $81,91 \times 0,85 = 69,62$ g de N da dieta. Déficit: $113,28 \text{ g de N/dia} - 69,62 \text{ g de N da dieta} = 43,66 \text{ g de N}$.

7. Para corrigir o déficit de N, pode-se usar ureia que tem 45% N:

$$\begin{aligned} 100 \text{ g de ureia} &\rightarrow 45 \text{ g de N} \\ X \text{ g de ureia} &\rightarrow 43,66 \text{ g de N} \\ X &= 97,02 \text{ g de ureia} \end{aligned}$$

8. Para corrigir a relação do N suplementado e enxofre de 15:1, teremos: $97,02 \text{ g de ureia} \rightarrow 43,66 \text{ g de N}$

$$\begin{aligned} 15 \text{ g de NNP (nitrogênio não proteico)} &\rightarrow 1 \text{ g de enxofre} \\ 43,66 \text{ g de NNP} &\rightarrow X \\ X &= 2,91 \text{ g de enxofre} \end{aligned}$$

Recomenda-se utilizar cerca de 0,067% do N suplementado com NNP em enxofre³⁸. Usar uma fonte de S: Sulfato de amônio, então:

$$\begin{aligned}
 100 \text{ g de sulfato de amônio} &\rightarrow 24 \text{ g de S} \\
 X &\rightarrow 2,91 \text{ g de S} \\
 X &= 12,13 \text{ g de sulfato de amônio}
 \end{aligned}$$

9. Usar um regulador de consumo da MM: recomendação de 30 g de sal comum/100 g de alimento palatável integrante na mistura, logo:

$$\begin{aligned}
 30 \text{ g NaCl} &\rightarrow 100 \text{ g de mistura} \\
 X \text{ g de sal} &\rightarrow 1190 \\
 X &= 357 \text{ g de sal}
 \end{aligned}$$

No entanto, já existe 20,24 g de sal do cloreto de sódio da mistura mineral formulada anteriormente, e, através da composição de 0,04% de Cl e 0,03% de Na do fubá de milho³⁸, tem-se 0,8 g de sal, então: $0,8 + 20,24 = 21,04$ g de NaCl, bastando acrescentar apenas 336 g de sal na MM.

10. Assim, a fórmula da mistura múltipla será:

Tabela 15 – Formulação final da mistura múltipla para bovinos
Table 15 – Formulation final of multiple mixture for cattle

Ingredientes	Quantidade (g)	Composição (%)
Fubá de milho	1070	79,69
Melaço	120	8,94
Ureia	97,02	7,23
Sulfato de amônio	12,13	0,90
Fosfato monoamônio	22,52	1,68
Flor de enxofre	0,46	0,03
Sal comum	20,24	1,51
Óxido de zinco	0,2325	0,02
Óxido cúprico	0,0285	0,002
TOTAL	1342,6	100

De acordo com a tabela 15, tiramos as seguintes conclusões:

- O CMS da mistura múltipla corresponde a 16,49% do CMS total do animal ($1342,6 \times 100/8142,6$);
- O CMS da Mistura múltipla corresponde a 0,34% do PC do animal ($1,3426 \times 100/400$).

Para fixação, vamos calcular outro suplemento mineral para bovinos de corte sob pastagem.

- Calcular uma mistura mineral para vaca de corte de 450 kg mantida em pastagem de uma gramínea hipotética

Tabela 16 – Composição mineral da gramínea hipotética no período seco, com base na matéria seca (MS)
Table 16 – Mineral composition of hipotetic graminea in dry period, based in dry matter (DM)

Ca (%)	P (%)	K (%)	Mg (%)	S (%)	Na (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Co (mg/kg)	Se (mg/kg)
0,12	0,12	0,25	0,10	0,70	3500	400	100	120	40	1,0	0,8

Fonte: Moraes (2001) p. 19⁶³.
Source: Moraes (2001) p. 19⁶³.

2. Necessidades nutricionais da vaca de 450 kg.

Tabela 17 – Necessidades minerais de uma vaca de 450 kg PC
Table 17 – Mineral needs of cow with 400 kg body weight

CMS (kg/d)	Ca (%)	P (%)	K (%)	Mg (%)	S (%)	Na (mg/dia)	Fe (mg/dia)	Zn (mg/dia)	Mn (mg/dia)	Cu (mg/dia)	Co (mg/kg)	Se (mg/kg)
6,88	0,18	0,15	0,33	0,11	0,11	8200	1818	292	194	61,4	7,0	3,8

Fonte: Silva *et al.* (2023)⁵¹.
Source: Silva *et al.* (2023)⁵¹.

3. Conferir os nutrientes presentes no CMS do pasto e deficiências:

Nutriente	Cálculos dos déficits	Deficiência de nutrientes
Ca	0,18% (exigência) – 0,12% (pasto) = 0,06%	0,06 x 6880/100 = 4,13 g/dia
P	0,15 – 0,12 = 0,03%	0,03 x 6880/100 = 2,06 g/dia
K	0,33 – 0,25 = 0,08%	0,08 x 6880/100 = 5,5 g/dia
Mg	0,11 – 0,10 = 0,01%	0,01 x 6880/100 = 0,69 g/dia
S	0,11 – 0,70 = não precisa suplementar	Não precisa suplementar
Na	8200 – 3500 = 4700 mg ou 4,7 g/dia	4,7 x 6,88 = 32,34 g/dia
Fe	1818 – 400 = 1418 mg ou 1,42 g/dia	1,42 x 6,88 = 9,77 g/dia
Zn	292 – 100 = 192 mg ou 0,192 g/dia	0,192 x 6,88 = 1,32 g/dia
Mn	194 – 120 = 74 mg ou 0,074 g/dia	0,074 x 6,88 = 0,51 g/dia
Cu	61,4 – 40 = 21,4 mg ou 0,0214 g/dia	0,0214 x 6,88 = 0,15 g/dia
Co	7 – 1 = 6 mg ou 0,006 g/dia	0,006 x 6,88 = 0,04 g/dia
Se	3,8 – 0,8 = 3 mg ou 0,003 g/dia	0,003 x 6,88 = 0,02 g/dia

4. Calcular a necessidade das fontes:

Nutriente	Fontes utilizadas	Cálculos	Quantidade da fonte (g)
Ca	Fosfato bicálcico 24% Ca e 18%	11,44 x 0,24 = 2,75 g Ca	-
	Calcário calcítico 38%	4,13 – 2,75 = 1,38 g de Ca 1,38 x 100/38	3,63
P	Fosfato bicálcico 24% Ca e 18% P	2,06 x 100/18	11,44
K	Bicarbonato de potássio 39%	5,5 x 100/39	14,10
Mg	Óxido de magnésio 60%	0,69 x 100/60	1,15
Na	Sal comum 37%	32,34 x 100/37	87,41
Fe	Óxido de ferro 53%	9,77 x 100/53	18,43

Zn	Carbonato de zinco 52%	1,32 x 100/52	2,54
Mn	Óxido de manganês 77%	0,51 x 100/77	0,66
Cu	Óxido cúprico 80%	0,15 x 100/80	0,19
Co	Carbonato de cobalto 52%	0,04 x 100/52	0,08
Se	Selenito de sódio 46%	0,02 x 100/46	0,04

5. A formulação final do suplemento mineral será:

Tabela 18 – Formulação final da mistura mineral para bovinos

Table 18 – Formulation final of mineral mixture for cattle

Fontes utilizadas	Quantidade da	Quantidade
	fonte (g)	(%)
Calcário calcítico	3,63	2,60
Fosfato bicálcico	11,44	8,19
Bicarbonato de potássio	14,10	10,10
Óxido de magnésio	1,15	0,82
Sal comum	87,41	62,58
Óxido de ferro	18,43	13,20
Carbonato de zinco	2,54	1,82
Óxido de manganês	0,66	0,47
Óxido cúprico	0,19	0,14
Carbonato de cobalto	0,08	0,06
Selenito de sódio	0,04	0,03
TOTAL	139,67	100

3.6 Formulações de misturas múltiplas e minerais indicadas para bovinos

Tabela 18 – Mistura múltipla para época seca e das chuvas

Table 18 – Multiple mixture for dry and rains periods

Ingredientes	Quantidades (%)	
	Período seco	Período chuvoso
Milho desintegrado	27	47
Farelo de algodão	15	-
Fosfato bicálcico	16	16
Ureia	10	5
Flor de enxofre	1,3	1,3
Sulfato de zinco	0,6	0,06
Sulfato de cobre	0,08	0,08
Sulfato de cobalto	0,02	0,02
Sal comum	30	30
TOTAL	100	100

Fonte: Lemos *et al.* (2009) p. 33⁶⁷.

Source: Lemos *et al.* (2009) p. 33⁶⁷.

4. Conclusão

A suplementação mineral, proteica ou energética, pode aumentar a eficiência na fermentação ruminal e a utilização de forragens de baixo valor forrageiro e/ou nutricional, principalmente devido a atenção da exigência microbiana em nitrogênio e cobalto, por exemplo, na velocidade da degradação ruminal da fibra e no aumento do consumo de forragem. Estas respostas são maximizadas pela otimização da relação entre o consumo de suplemento e o consumo de matéria orgânica digestível (energia, por exemplo) na dieta consumida pelos bovinos.

A formulação, mistura e suplementação com minerais, proteína e energia é de fácil suplementação nas propriedades rurais, e deveria ser uma obrigação em todas as fazendas. Esta proposta tecnológica deve ir acompanhada da avaliação custo/benefício para determinar sua futura utilização.

5. Referências

1. USDA United States Department of Agriculture. Livestock and poultry: world markets and trade. Disponível em: https://www.nass.usda.gov/Data_and_Statistics/index.php. Acessado em: 27/09/2023.
2. IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção de leite no Brasil. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/leite/br>. Acessado em: 27/09/2023.
3. FAO Food and Agriculture Organization of the United States. Dairy market review: emerging trends and outlook. Roma, IITL: FAO, 2022. Disponível em: <https://www.fao.org/3/cc3418en/cc3418en.pdf>. Acessado em: 27/09/2023.
4. Reis RA, Siqueira GR, Casagrande DR. Suplementação alimentar de bovinos. In: Pires AV (Ed). *Bovinocultura de corte*. v. 1. 1ª ed. Piracicaba, SP: FEALQ, 2010. p. 219-255.
5. Dos Santos MVF, Neiva JMN (Eds). *Culturas forrageiras no Brasil: uso e perspectivas*. 1ª ed. Visconde do Rio Branco, MG: Suprema Gráfica, 2022.
6. McDowell LR. Feeding minerals to cattle on pasture. *Anim Feed Sci Technol*. 1996;60(3-4):247-271. [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(96\)00983-2](https://doi.org/10.1016/0377-8401(96)00983-2).
7. Da Silva EIC. *Nutrição e suplementação mineral de bovinos de corte*. 1ª ed. Belo Jardim, PE: IFPE, 2021.
8. Cotta T. *Minerais e vitaminas para bovinos, ovinos e caprinos*. 2ª ed. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2018.
9. Nunes IJ. *Cálculo e avaliação de rações e suplementos*. 1ª ed. Belo Horizonte, MG: FEPMVZ Editora, 1998.
10. Lana RP. *Nutrição e alimentação animal: mitos e realidades*. 3ª ed. Viçosa, MG: Edição do autor, 2020.
11. DelCurto T, Hess BW, Huston JE, et al. Optimum supplementation strategies for beef cattle consuming low-quality roughages. *J Anim Sci*. 2000;77(1):1-16. <https://doi.org/10.2527/jas2000.77E-Suppl1v>.
12. Reis RA, Rodrigues LRA, Pereira JRA. Suplementação como estratégia para o manejo das pastagens. In: 13º Simpósio sobre manejo das pastagens; 1997; Piracicaba, Brasil. Piracicaba: FEALQ, 1997. p. 123-150.
13. Parsons SD, Allison CD. Grazing management as it affect nutrition animal production and economic of beef cattle. *The Vet Clin North Am Food Anim Pract*. 1991;7(1):77-94. [https://doi.org/10.1016/s0749-0720\(15\)30811-2](https://doi.org/10.1016/s0749-0720(15)30811-2).
14. Paterson JA, Belyea RL, Bowman JB, et al. The impact of forage quality and supplementation on ruminant animal intake and performance. In: Fahey Junior GC (Ed). *Forage quality, evaluation, and utilization*. 1ª ed. Wisconsin, EUA: ASA, CSSA, SSSA, 1994. p. 59-114. <https://doi.org/10.2134/1994.foragequality.c2>.
15. Peixoto AM, Moura JC, Faria VP (Eds). *Bovinocultura de corte: fundamentos da exploração racional*. 3ª ed. Piracicaba, SP: FEALQ, 1999.
16. Peixoto AM, Moura JC, Faria VP (Eds). *Produção de bovinos a pasto*. 1ª ed. Piracicaba, SP: FEALQ, 1999.
17. Meschy F. *Nutrition minérale des ruminants*. 1ª ed. Versalhes, FRA: Quae, 2010.

18. Chenost M, Despois P, Grude A, *et al.* La valeur alimentaire du pangola (*Digitaria decumbens* Stent.) et ses facteurs de variation en zone tropicale humide. *Ann Zootech.* 1975;24(3):327-349.
19. Araújo IMM. Desempenho de novilhos alimentados com dieta suplementar em pastos de capim-mombaça. Dissertação [Mestrado em Produção Animal]. Universidade Federal do Rio Grande do Norte; 2014. 45 p.
20. Reis RA, Ruggieri AC, Casagrande DR, *et al.* Suplementação da dieta de bovinos de corte como estratégia do manejo das pastagens. *Rev Bras Zootec.* 2009;38(spe):147-159.
21. Inmet. Instituto Nacional de Meteorologia. Anomalia de precipitação para 2022 em Pernambuco. Disponível em: <https://clima.inmet.gov.br/prec>. Acessado em: 29/09/2023.
22. Van Soest PJ. *Nutritional ecology of the ruminant*. 2ª ed. Ithaca, EUA: Cornell University Press, 1994.
23. Ferrari OL, Speroni NA. Requerimientos minerales del rodeo de cría. In: Ferrari OL, Speroni NA (Eds). *Cría vacuna: claves para aumentar la rentabilidad*. 1ª ed. Buenos Aires, ARG: La Nación, 2005.
24. Soto C, Reinoso V. Suplementación proteica em ganado de carne. Sitio Argentino de Producción Animal. Disponível em: https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/suplementacion_proteica_y_con_nitrogeno_no_proteico/37art_SUPL_PROT_Rev_VET.pdf. Acesso em: 01/10/2023.
25. Soto C, Reinoso V. Suplementación con fósforo em ganado de carne a pastoreo. *REDVET Rev eletron vet.* 2012;13(7):1-13.
26. Cochran R, Koster H, Olson K, *et al.* Supplemental protein sources for grazing beef cattle. In: 9th Annual Florida Ruminant Nutrition Symposium; 1998; Gainesville, EUA, Gainesville: University of Florida, 1998. p. 123-136.
27. Soto C, Reinoso V. Suplementación proteica em ganado de carne. *Vet.* 2007;42(167):27-34.
28. McSweeney CS, Denman SE. Effect of sulfur supplements on cellulolytic rumen micro-organisms and microbial protein synthesis in cattle fed a high fibre diet. *J Appl Microbiol.* 2007;103(5):1757-1765.
29. Silva CJ, Leonel FP, Pereira JC, *et al.* Sulfur sources in protein supplements for ruminants. *Rev Bras Zootec.* 2014;43(10):537-543. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982014001000005>.
30. Patino HO, Gaona RC, Cano MAS, *et al.* Suplementación mineral-proteica en la cría bovina. In: 35ª Jornadas Uruguayas de Buiatría; 2007; Paysandú, URY, Paysandú: Centro Médico Veterinario de Paysandú, 2007. p. 226-247.
31. Moura FH, Costa TC, Trece AS, *et al.* Effect of energy protein supplementation Frequency on performance of primiparous grazing beef cows during pre and postpartum. *Anim Biosci.* 2020;33(9):1430-1443. <https://doi.org/10.5713/ajas.19.0784>.
32. Silva AG, Paulino MF, Detmann E, *et al.* Energetic-protein supplementation in the last 60 days of gestation improves performance of beef cows grazing tropical pastures. *J Anim Sci Biotechnol.* 2017;78(8):1-9. <https://doi.org/10.1186/s40104-017-0209-x>.
33. Quintans G, Echeverría J, Scarsi A, *et al.* Efecto del suministro de ración en comederos de autoconsumo en terneros destetados precozmente. In: Quintans G, Scarsi A (Eds). *Seminario de actualización técnica: cría vacuna*. vol. 208. Montevidéo, URY: INIA, 2013. p. 207-218.
34. Rovira P. Suplementación de terneros em autoconsumo con raciones con fibra (sin limitador de consumo). Seminario de Actualización Técnica: Estrategias de Intensificación Ganadera. Serie Actividades de Difusión n. 734. Montevidéo, URY: 2014. p. 6-15.
35. Moore J, Brant M, Kunkle W, *et al.* Effects of supplementation on voluntary forage intake, diet digestibility, and animal performance. *J Anim Sci.* 1999;77(2):122-135.
36. Velasco FE. Valor nutricional da *Brachiaria decumbens* em três idades. Belo Horizonte, MG. Tese [Doutorado em Zootecnia] – Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais; 2011. 106 p.
37. Rodrigues JG. Avaliação da qualidade nutricional de cultivares de *Brachiaria spp.* para uso em sistemas de produção no Nordeste brasileiro. Macaíba, RN. Dissertação [Mestrado em Produção Animal] – Universidade Federal do Rio Grande do Norte; 2015. 57 p.

38. Valadares Filho SC, Machado PAS, Furtado T, *et al.* (Eds). *Tabelas brasileiras de composição de alimentos para ruminantes*. 1ª ed. Viçosa, MG: UFV, 2015.
39. Oliveira AP, Casagrande DR, Bertipaglia LMA, *et al.* Supplementation for beef cattle on Marandu grass pastures with different herbage allowances. *Anim Prod Sci.* 2016;56(1):123-129. <https://doi.org/10.1071/AN14636>.
40. Barbosa MAAF, Castro LM, Barbero RP, *et al.* Desempenho de bovinos de corte em pastos de *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés manejados em diferentes alturas de pastejo. *Semina: Ciên Agrár.* 2013;34(2):4133-4144. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2013v34n6Supl2p4133>.
41. Silva RG. *Introdução à bioclimatologia animal*. 1ª ed. São Paulo, SP: Nobel, 2000.
42. Martin LCT. *Nutrição mineral de bovinos de corte*. 1ª ed. São Paulo, SP: Nobel, 1993.
43. Montardo OV. Mineralização do rebanho leiteiro. In: Montardo OV. *Alimentos e alimentação do rebanho leiteiro*. 1ª ed. Guaíba, RS: Agropecuária, 1998. p. 133-144.
44. Okukeno OA, Eesuola AA, Dele PA, *et al.* Chemical composition of *Brachiaria ruziziensis* and *Chloris gayana* as affected by age at Harvest. *Nig J Anim Prod.* 2021;48(6):312-320. <https://doi.org/10.51791/njap.v48i6.3319>.
45. Carvalho FG, Burity HA, Silva VN, *et al.* Produção de matéria seca e concentração de macronutrientes em *Brachiaria decumbens* sob diferentes sistemas de manejo na zona da mata de Pernambuco. *Pesq Agropec Trop.* 2006;36(2):101-106.
46. Costa NL, Townsend CR, Fogaça FHS, *et al.* Rendimento de forragem e morfogênese de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu sob diferentes períodos de descanso. *Pubvet.* 2016;10(4):307-311.
47. McDonald P, Edwards RA, Greenhalgh JFD, *et al.* *Animal nutrition*. 8ª ed. New York, NY: Pearson, 2022.
48. McDowell LR, Valle G. Major minerals in forages. In: Givens DI, Owen E, Axford RFE (Eds). *Forage evaluation in ruminant nutrition*. 1ª ed. Wallingford, ING: CABI Publishing, 2000. p. 373-397.
49. Rocha GP, Evangelista AR, Paiva PCA, *et al.* Estudo da composição mineral de três gramíneas do gênero *Cynodon*. *Ciên Anim Brasil.* 2000;1(1):31-41. <https://doi.org/10.5216/cab.v1i1.240>.
50. National Academies of Sciences, Engineering and Medicine (NASEM). *Nutrient requirements of dairy cattle*. 8ª ed. Washington, DC: The National Academy Press, 2021. <https://doi.org/10.17226/25806>.
51. Silva LFC, Valadares Filho SC, Zanetti D, *et al.* Exigências de minerais para bovinos de corte. In: Valadares Filho SC (Ed.). *Exigências nutricionais de zebuínos puros e cruzados – BR Corte*. 4ª ed. Viçosa, MG: INCT Ciência Animal, 2023. p. 235-272. <http://dx.doi.org/10.26626/978-85-8179-192-0.2023.C010.p.235-272>.
52. Garcia LF. Desempenho de bovinos em pastejo contínuo submetidos a dois intervalos de suplementação no período de seca. Jaboticabal, SP. Trabalho de Conclusão de Curso [Graduação em Zootecnia] – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Unesp; 2005. 37 p.
53. National Academies of Sciences, Engineering and Medicine (NASEM). *Nutrient requirements of beef cattle*. 8ª ed. Washington, DC: The National Academy Press, 2016. <https://doi.org/10.17226/19014>.
54. INRA. *Alimentation des ruminants*. 1ª ed. Versailles, FRA: Quae, 2018.
55. Almeida Filho SL. *Minerais para ruminantes*. 1ª ed. Uberlândia, MG: EDUFU, 2016.
56. Ammerman CB, Henry PR. A rational approach to dietary mineral tolerance for domestic animals. In: *Proc. Distillers Feed Res Council Conf.* 1979;34:33-52.
57. Suttle NF. *The mineral nutrition of livestock*. 5ª ed. Boston, EUA: CAB International, 2022.
58. Alpízar-Bonilla JF. La suplementación mineral del ganado: Revisión de principios y tecnologías aplicadas, para mejorar el desempeño productivo. *Yulök Revista de Innovación Académica.* 2023;7(2):119-129. <https://doi.org/10.47633/yulk.v7i2.594>.
59. Nicodemo MLF. *Cálculo de misturas minerais para bovinos*. vol 109. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2001.

60. Ítavo LCV, Ítavo CCBF. Formulação de minsturas minerais para bovinos de corte. *In: Anais do 7º Congresso Internacional de Zootecnia*; 2005; Campo Grande, Brasil. Campo Grande: ZOOTEC-UEMS-ABZ, 2005.
61. Sousa JC. Formulação de misturas minerais para bovinos. *In: Peixoto AM, Moura JC, Faria VP. Nutrição de bovinos: conceitos básicos e aplicados*. 5ª ed. Piracicaba, SP: FEALQ, 1995. p. 473-489.
62. Franco GL, Oliveira RL, Leão AG, *et al.* Suplementação de bovinos mantidos em pastagens. *In: Oliveira RL, Barbosa MAAF (Orgs). Bovinocultura de corte: desafios e tecnologias*. 2ª ed. Salvador, BA: EDUFBA, 2014. p. 393-430.
63. Moraes SS. *Importância da suplementação mineral para bovinos de corte*. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2001. Documentos 114.
64. Cruz MM. Simulação da viabilidade econômica da suplementação proteica para bovinos em regime de pastagem. Jataí. Trabalho de Conclusão de Curso [Graduação em Zootecnia] – Universidade Federal de Goiás; 2013. 37 p.
65. Barros NN, Bomfim MAD. Mistura múltipla para caprinos e ovinos. *In: Anais VIII PECNORDESTE – Seminário Nordestino de Pecuária*, 8; 2004; Fortaleza, Brasil. Fortaleza: FAEC, 2004. p. 50-57.
66. Quadros DG. *Sistemas de produção de bovinos de corte*. Apostila. Salvador, BA: UNEB, 2005. Disponível em: <https://www.passeidireto.com/arquivo/6730918/sistemas-de-produ-o-de-bovinos-de-corte>. Acessado em: 09/11/2023.
67. Lemos PFBA, Leite SVF, Fernandes FG, *et al.* *Manejo de bovinos leiteiros*. 1ª ed. João Pessoa, PB: Emepa, 2009.