

EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE MINERAIS PARA BOVINOS DE CORTE

Mateus Pies Gionbelli¹, Marcos Inácio Marcondes², Sebastião de Campos Valadares Filho³,
Laura Franco Prados⁴

¹Doutorando em Zootecnia-UFV; ²Prof. DZO-UFV; ³Prof. DZO-UFV, Coordenador do INCT-CA, , scvfilho@ufv.br;

⁴Bolsista IC-CNPq, DZO-UFV.

INTRODUÇÃO

Todos os tecidos animais e alimentos possuem elementos minerais em quantidades e proporções variáveis (Underwood, 1981), e embora a maioria dos elementos minerais naturais possam ser encontrados nos tecidos animais, muitos deles só estão presentes porque fazem parte dos alimentos consumidos, sem ter uma função essencial no metabolismo dos animais. O termo “elemento mineral essencial” se refere somente a elementos que possuem um papel já provado no organismo (McDonald et al., 2002). Esse grupo é normalmente dividido em macro e microminerais, sendo os macrominerais aqueles que podem ser expressos em g/kg de tecido animal, como: cálcio (Ca), fósforo (P), magnésio (Mg), sódio (Na), potássio (K), enxofre (S) e cloro (Cl). Já os microminerais, ou elementos traço, são aqueles minerais essenciais que normalmente encontram-se em concentrações menores do que 50 mg/kg de tecido animal, dentre os quais, para bovinos, os mais estudados são: ferro (Fe), zinco (Zn), cobre (Cu), molibdênio (Mo), selênio (S), iodo (I), manganês (Mn) e cobalto (Co).

Os elementos minerais, embora estejam presentes no corpo animal em menor proporção do que outros nutrientes como proteína e gordura, desempenham funções vitais no organismo e suas deficiências acarretam alterações nutricionais graves, levando o animal a apresentar desempenho produtivo e reprodutivo aquém de seu potencial. Os minerais possuem basicamente três tipos de função no organismo animal (Underwood, 1981), sendo:

1. Composição estrutural dos órgãos e tecidos corporais, como: cálcio, fósforo, magnésio, flúor e silício nos ossos e dentes, e fósforo e enxofre nas proteínas musculares. Cerca de 99% do cálcio, 80% do fósforo e 70% do magnésio corporal estão presentes no esqueleto (AFRC, 1991; Coelho da Silva, 1995; NRC, 2000);
2. Constituintes dos tecidos e fluidos corporais responsáveis pela manutenção da pressão osmótica, equilíbrio ácido-base, permeabilidade de membrana e irritabilidade do tecido, como: sódio, potássio, cloro, cálcio e magnésio no sangue, fluido cerebrospinal e suco gástrico;
3. Catalizadores de sistemas enzimáticos e hormonais: basicamente os microminerais.

As exigências totais de cada macroelemento mineral correspondem à soma das exigências para manutenção e produção, sendo o método fatorial o mais utilizado para fins de predição dos requisitos dos minerais para bovinos (ARC, 1980). Dividindo-se a exigência líquida pelo coeficiente de absorção do elemento inorgânico no trato digestivo do animal, chega-se à exigência dietética desse elemento mineral.

Exigências nutricionais de minerais para bovinos são expressas normalmente em quantidades por dia ou por unidade de produto, ou ainda em proporção da matéria seca ingerida. Essas exigências são afetadas pela raça ou grupo genético do animal, aspectos da dieta, taxa de produção e pelo ambiente de criação (Underwood, 1981). Fatores inerentes aos alimentos ou às dietas, como as frações orgânicas ou inorgânicas do mineral em certo alimento, a disponibilidade e a forma química desse

elemento nos ingredientes da dieta, e ao animal, como nível de produção e nutrição prévia, juntamente com aspectos relacionados às inter-relações (antagonismos e agonismos) entre os minerais também influenciam os requerimentos de minerais (Coelho da Silva & Leão, 1979).

Neste capítulo, serão apresentadas discussões sobre as exigências de macrominerais para manutenção descritas por alguns sistemas de exigências nutricionais existentes no mundo e também os resultados obtidos por estudos realizados no Brasil. Serão também apresentados os modelos de exigências líquidas para ganho obtidos com dados de animais criados em condições brasileiras. Além disso, serão apresentadas também considerações sobre os coeficientes de absorção de macrominerais e sobre a necessidade do desenvolvimento de estudos de exigências de minerais no Brasil. Por fim, serão apresentadas as Tabelas de exigências nutricionais dos principais macrominerais (Ca, P, Mg, Na e K) para manutenção e ganho.

EXIGÊNCIAS DE MACROMINERAIS PARA MANTENÇA

As exigências de minerais para manutenção incluem os minerais necessários para manter intactos os tecidos de um animal que não está crescendo, desempenhando trabalho, reproduzindo ou gerando qualquer produto (Underwood, 1981). A manutenção do corpo envolve o metabolismo interno para circulação, respiração e outros processos vitais, juntamente com perdas externas e movimentos normais do animal. Essas exigências são relativas às necessidades do animal para atender as perdas inevitáveis do corpo, também chamadas de secreções endógenas (Fontes, 1995).

As diferenças entre os nutrientes orgânicos e inorgânicos em relação às necessidades para manutenção e produção resultam em diferentes destinos metabólicos. Os nutrientes orgânicos, como proteína, por exemplo, após serem absorvidos, entram no *pool* metabólico do organismo e podem ser convertidos a energia, gasta para síntese de tecidos ou manutenção; podem ser metabolizados e depositados; ou podem ser perdidos, como produtos finais do metabolismo, pelas vias normais. Em contrapartida, os íons inorgânicos liberados ao longo do metabolismo não são alterados nem ficam indisponíveis aos tecidos. Estes íons permanecem disponíveis para reformulação de suas combinações funcionais, da mesma forma que os íons inorgânicos absorvidos pelo aparelho digestivo (Underwood, 1981). Essa reutilização de minerais pelos tecidos teoricamente poderia ser completa, resultando na inexistência de exigências de manutenção desses nutrientes. Entretanto, na prática, os processos de conservação mineral no corpo não são tão eficientes, resultando em perda de minerais através dos rins, da mucosa intestinal, das glândulas digestivas e da pele, constituindo assim as exigências de minerais para manutenção.

Para o cálculo dos requerimentos de minerais para manutenção, normalmente os valores de perdas endógenas de fezes e urina são estimados pelas regressões das produções fecais ou urinárias em função da ingestão de determinado mineral. A estimativa das necessidades dos macroelementos minerais para bovinos varia muito entre os diferentes comitês (ARC, 1980; AFRC, 1991; NRC, 2000; CSIRO, 2007) tendo como principais fatores de variação as diferenças nos valores adotados para os requerimentos de manutenção e o coeficiente de absorção dos minerais.

No Brasil, de acordo com Silva et al. (2002), são escassos os trabalhos de pesquisa sobre perdas endógenas de minerais em ruminantes, e os poucos trabalhos desenvolvidos têm encontrado valores muito variáveis, e diferentes daqueles preconizados por diferentes sistemas de determinação de exigências de bovinos de

corde. Na primeira edição do BR-CORTE (Valadares Filho et al., 2006), os requerimentos de minerais para manutenção foram calculados de acordo com as recomendações do NRC (2000) e ARC (1980), conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 - Perdas endógenas totais diárias e biodisponibilidade de cálcio, fósforo, magnésio, sódio e potássio apresentadas na primeira edição do BR-CORTE

Macroelementos	Perdas endógenas	Biodisponibilidade (%)
Ca	15,4 mg/kg PC ¹	50 ¹
P	16 mg/kg PC ¹	68 ¹
Mg	3,0 mg/kg PC ¹	17 ²
K	Fecal – 2,6 g/kg MS consumida ^{2,3}	100 ²
	Urínaria – 37,5 mg/kg PC	
	Salivar – 0,7 g/100 kg PC	
	Através da pele – 1,1 g	
Na	6,8 mg/kg PC	91 ²

¹ Dados obtidos do NRC (2000);

² Dados obtidos do ARC (1980);

³ Consumo determinado por equação apresentada por Valadares Filho et al. (2006) para bovinos Nelore: CMS (kg/dia) = -2,40011 + 0,02006 * PCM + 4,81946 * GMD - 1,51758 * GMD².

Nesta edição, serão elaboradas discussões a respeito das exigências líquidas para manutenção dos principais macrominerais estudados (Ca, P, Mg, Na e K), apresentando alguns dados obtidos em condições brasileiras.

Cálcio

O cálcio (Ca) é o mineral encontrado em maior abundância no corpo do animal, representando por volta de 1 a 3% do peso total do animal. Cerca de 99% do Ca está presente nos ossos e dentes e 1% nos tecidos moles e fluidos corporais. O Ca que não possui função estrutural, normalmente ocorre como íon livre, ligado às proteínas séricas ou complexado com ácidos orgânicos e inorgânicos, sendo essencial para funções como condução nervosa e manutenção e relaxamento da contração muscular, incluindo o músculo cardíaco. Ele atua também como ativador de algumas enzimas e é necessário para a coagulação do sangue (Underwood, 1981).

O ruminante tem pequena capacidade de excretar cálcio absorvido em excesso às suas necessidades. A excreção urinária é pequena e as perdas endógenas fecais são constantes, o que indica que a absorção é regulada a nível intestinal (Field, 1983a). O Ca fecal é constituído pelo cálcio de origem endógena e o de origem dietética que não foi absorvido. Pouco é conhecido sobre os fatores que determinam as perdas endógenas de Ca, e os valores obtidos nos trabalhos que visam determinar essas perdas são bastante variáveis. Segundo o CSIRO (2007), os valores obtidos para as excreções de Ca e P são bastante discutidos, uma vez que existem dificuldades na distinção das perdas realmente obrigatórias daquelas que ocorrem em função do excesso do mineral absorvido. Para isso, existem métodos alternativos de determinação das excreções metabólicas dos minerais, através da utilização de radioisótopos (Hansard et al., 1954; Field, 1983a). Entretanto, os valores obtidos por estes métodos são normalmente diferentes dos obtidos pelo método tradicional, da extrapolação para consumo zero (CSIRO, 2007).

Hansard et al. (1954, 1957) realizaram experimentos para determinar a disponibilidade verdadeira, os requerimentos de manutenção e a utilização do Ca por bovinos, através de radioisótopos de Ca, utilizando animais com idade variando entre 10 dias e 190 meses. A partir dos trabalhos desses autores, o NRC (1984) passou a recomendar uma exigência líquida diária de Ca para manutenção de 15,4 mg/kg de peso corporal, e manteve essa recomendação nas edições subseqüentes (NRC, 1996; NRC, 2000) por considerar não haverem trabalhos para recomendar uma mudança nesses valores.

Caso a dieta a ser utilizada pelos animais não contenha uma relação entre cálcio e fósforo adequada, com deficiência de um dos dois elementos, pode haver modificações nas exigências de manutenção destes elementos, provocadas por variações na excreção fecal de Ca. Altos valores de Ca aliados a baixos valores de P provocam uma maior excreção urinária de Ca, uma vez que se não houver fósforo circulante suficientemente disponível para a deposição óssea, o Ca disponível, que seria depositado juntamente com o P, se torna excedente e é excretado via urina (Tillman et al., 1959). Variações nos níveis dietéticos de Ca parecem não influenciar as exigências de manutenção desse mineral, caso os níveis de P permaneçam adequados. Visek et al. (1953) observaram que a curto prazo, grandes variações na ingestão de cálcio tiveram pouco efeito sobre a excreção fecal de Ca endógeno.

Braithwaite (1982), reavaliando os resultados de várias pesquisas sobre o cálcio endógeno, concluiu ser maior esse valor em animais em crescimento do que em animais adultos, com base no peso corporal. Observou também que existe relação entre a ingestão de alimentos e a excreção metabólica de cálcio, havendo aumento diário de 0,64 mg/kgPC de Ca para cada aumento (g/kgPC) na ingestão de alimentos. O mesmo autor constatou ainda ausência de relação entre ingestão de cálcio e cálcio fecal metabólico, o que sugere que o cálcio endógeno deve estar em forma não trocável com o cálcio dietético.

O ARC (1980) concluiu serem as perdas endógenas diárias de 16 mg/kg de peso corporal para o Ca, sendo 0,8 mg/kg referentes às perdas urinárias. O AFRC (1991) utiliza uma equação para estimativa das perdas metabólicas fecais (PMF) em função do consumo de matéria seca e do peso corporal do animal [$PMF_{Ca} \text{ (g/dia)} = 0,66 \times CMS \text{ (kg/dia)} + 0,74 \times PC \text{ (kg)} - 0,74$], sendo esta equação também adotada pelo CSIRO (2007).

No Brasil, Ezequiel (1987), trabalhando com animais Nelore, Holandês e ½ HZ, observou perdas endógenas diárias de 33,2, 43,5 e 26,1 mg/kgPC para animais Nelore, Holandês e ½ HZ, respectivamente, valores esses bastante superiores às estimativas do NRC (2000). Resultados obtidos a partir da análise conjunta dos dados de consumo e excreção fecal de Ca de dois experimentos com animais Nelore e cruzados realizados recentemente (Marcondes, 2010, dados não publicados; Souza, 2010, dados não publicados), levaram a uma estimativa da excreção metabólica fecal diária de Ca de 10,6 mg/kgPCVZ ($r^2 = 0,67$). Porém, não foi possível a obtenção de dados da excreção metabólica urinária de Ca a partir desses experimentos.

A partir dos dados de Gionbelli (2010), por meio da regressão do Ca retido em função do Ca consumido (Figura 1), foi obtida uma exigência diária de Ca para manutenção de 26,5 mg/kgPCVZ, valor este superior às recomendações do NRC (2000) e AFRC (1991). Na Figura 1, a inclinação da reta representa o coeficiente de retenção, que é próximo ao sugerido pelo NRC (2000), de 0,50. A partir dos resultados apresentados na Figura 1, um animal de 400 kg de peso corporal teria uma exigência dietética de Ca para manutenção de 17,2 g/dia. Quando calculada a partir dos dados do NRC (2000), essa exigência seria de 12,3 g/dia.

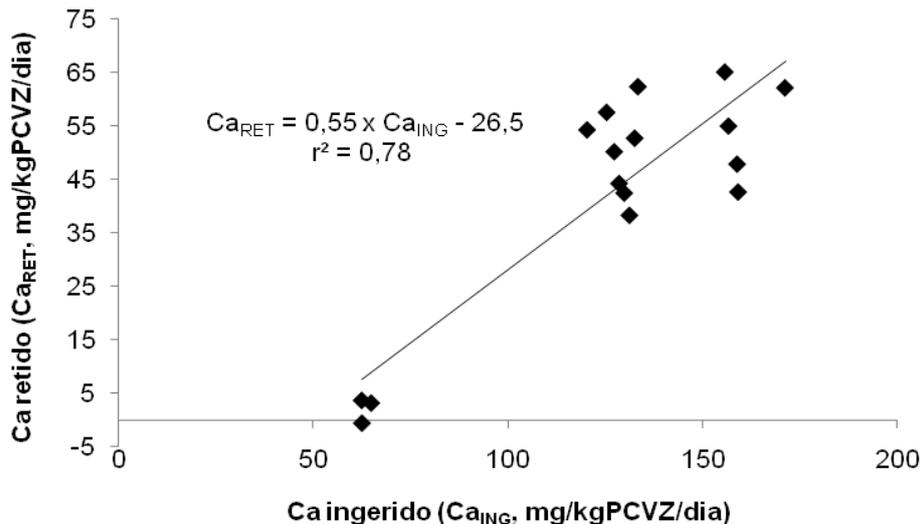


Figura 1 - Relação entre cálcio retido e o cálcio ingerido em novilhas Nelore.

Uma vez que os trabalhos para determinação das exigências diárias de manutenção de Ca realizados no Brasil ainda apresentam resultados inconsistentes, sugere-se ainda, adotar nesta edição do BR-CORTE, o valor de 15,4 mg/kgPC/dia, obtido a partir do trabalho de Hansard et al. (1954, 1957) e recomendado pelo NRC (2000).

Fósforo

O fósforo (P) é o segundo elemento mineral mais abundante no organismo animal. Além de sua participação vital no desenvolvimento e manutenção dos tecidos esqueléticos, funciona como um componente dos ácidos nucleicos que são essenciais para o crescimento e diferenciação celular. Em conjunto com outros elementos, tem também um papel na regulação osmótica e equilíbrio ácido-base. Possui também um papel vital em uma série de funções metabólicas, incluindo a utilização de energia e transferência de elétrons, formação de fosfolipídeos, transporte de ácidos graxos e formação de aminoácidos e proteínas (Underwood, 1981). O fósforo é também exigido pelos microrganismos do rúmen para o crescimento e metabolismo celular (NRC, 2000).

Da mesma forma que para os demais macrominerais, as exigências de manutenção de P têm sido calculadas como a soma das excreções metabólicas fecais e urinárias desse elemento. O NRC (2000) considera que a exigência diária de P para manutenção é de 16 mg/kg de peso corporal. Como também relatado para o Ca, uma inadequada relação Ca:P pode alterar os requerimentos de manutenção desses minerais, se um deles estiver deficiente na dieta. Hansard & Plumlee (1954) observaram aumento da excreção metabólica de fósforo, quando a ingestão de cálcio foi baixa e sugeriram que, quando há uma quantidade insuficiente de cálcio no sangue para a calcificação óssea, uma parte do excesso de fósforo que seria também utilizado para a deposição óssea é excretado.

De acordo com o ARC (1965), o fósforo dietético que excede as exigências do animal não é absorvido ou, se for, é excretado na urina. A excreção de fósforo pela urina em condições normais é baixa, enquanto que grandes quantidades de fósforo são recicladas via saliva. A regulação da reabsorção do fósforo salivar se dá no intestino delgado, onde também ocorrem perdas por descamação (ARC, 1980). Dessa forma, o fósforo metabólico fecal é composto pelas perdas metabólicas oriundas do intestino e pelo fósforo salivar que não foi reabsorvido.

O ARC (1980) sugeriu um requerimento diário de fósforo para manutenção de 12 mg/kg de peso corporal, baseado na extrapolação da excreção metabólica fecal e urinária de fósforo no nível zero de consumo de fósforo. O AFRC (1991) reformulou o cálculo das exigências de P para manutenção, utilizando uma equação desenvolvida a partir de estudos com ovinos, onde as perdas metabólicas de P são calculadas em função do consumo de matéria seca, uma vez que maior consumo leva a maior produção de saliva pelo animal, e conseqüente maior excreção metabólica de fósforo.

O CSIRO (2007) ressalta a necessidade de que as perdas metabólicas de P devem ser estimadas a partir do consumo e da forma física da dieta. Este mesmo comitê também relata que as excreções metabólicas de P são alvo de muita discussão, uma vez que são quase inteiramente de origem salivar, de forma que é difícil a obtenção de estimativas acuradas para distinguir o P que é estritamente de origem endógena daquele que é de origem alimentar. A partir disso, é sugerido que as perdas metabólicas fecais de P devem ser estimadas em animais recebendo níveis insuficientes de fósforo porque a absorção é maximizada, assim como a reabsorção de secreções endógenas. Baseado nessas considerações, o CSIRO (2007) recomenda o cálculo das perdas metabólicas de P com base no trabalho de Ternouth et al. (1996), que reuniu um banco de dados com animais confinados e em pastejo e com níveis de cálcio abaixo dos necessários.

Em situações de deficiência dietética de fósforo, são ainda observadas perdas metabólicas, uma vez que as reservas ósseas são mobilizadas. Só depois de um período razoável (quatro semanas no mínimo) é que as perdas metabólicas fecais serão minimizadas (CSIRO, 2007).

No Brasil, Ezequiel (1987) obteve um valor médio diário de 17,6 mg/kgPC de excreção metabólica de fósforo para animais Nelore. Por meio da regressão entre o P retido e o P ingerido em novilhas Nelore em crescimento, Gionbelli (2010) obteve um valor de perda endógena diária de fósforo de 27,1 mg/kgPCVZ ($r^2 = 0,89$). Resultados obtidos a partir da análise conjunta dos dados de consumo e excreção fecal de P de três experimentos realizados recentemente (Gionbelli, 2010; Marcondes, 2010, dados não publicados; Souza, 2010, dados não publicados), levaram a uma estimativa da excreção metabólica fecal diária de 25 mg/kgPCVZ, porém com um baixo r^2 (0,26). Não foi possível a obtenção de uma estimativa das perdas metabólicas de fósforo via urina a partir do banco de dados atual do BR-CORTE. Diante disso, sugere-se, a adoção do valor obtido por Ezequiel (1987), de 17,6 mg/kgPC para as exigências líquidas diárias de fósforo para manutenção, por ter sido obtido em condições brasileiras, a partir de animais Nelore em crescimento.

Magnésio

Grande parte do magnésio (Mg) presente no corpo animal está nos ossos e dentes (cerca de 70%) e exerce função estrutural. O magnésio presente nos fluidos intracelulares está normalmente presente na mitocôndria, visto que é utilizado no metabolismo realizado nesta organela. Nos fluidos extracelulares, o magnésio ocorre em baixas concentrações, estando presente no fluido cerebrospinal e no sangue (Underwood, 1981). O magnésio está essencialmente envolvido no metabolismo de carboidratos e lipídeos como um catalizador de uma grande variedade de enzimas que necessitam deste elemento para atividade ideal (Fontenot, 1989).

Segundo o ARC (1980), as estimativas das perdas fecais endógenas do magnésio podem ser obtidas através de três procedimentos: 1) extrapolação para o nível zero de ingestão utilizando a relação entre a perda fecal de magnésio em função da ingestão de magnésio das dietas normalmente utilizadas; 2) medidas da excreção fecal obtidas com dietas artificiais extremamente pobres em magnésio; 3)

método da diluição isotópica. Todos esses métodos tem seus respectivos erros, e o ARC (1980) recomenda 3,0 mg/kg de PC/dia para bovinos e ovinos adultos, sendo este o mesmo valor recomendado pelo NRC (2000). Segundo o ARC (1980), as perdas urinárias, muito pequenas, seriam negligenciáveis. Já para o NRC (2000), o Mg excretado na urina é aquele que é absorvido em excesso.

Allsop & Rock (1972) verificaram as relações entre produção de magnésio fecal e a concentração desse elemento no plasma e encontraram um pequeno, mas significativo aumento na excreção fecal de magnésio com o seu aumento no plasma, o que pode levar ao aumento das exigências de manutenção de Mg a partir do aumento da absorção deste mineral. Estes mesmos autores obtiveram estimativas de 2,8 mg/kgPC como perdas fecais endógenas diárias de magnésio.

Ezequiel (1987) obteve valores diários de excreções de magnésio metabólico nas fezes bastante variáveis, oscilando de 0,4 mg/kgPC para animais Nelore até 6,0 mg/kgPC para animais Holandeses. Resultados obtidos a partir da análise conjunta dos dados de excreção fecal de Mg em função do consumo, obtidos de três experimentos realizados recentemente (Gionbelli, 2010; Marcondes, 2010, dados não publicados; Souza, 2010, dados não publicados), resultaram numa estimativa da excreção fecal diária de magnésio de 3,6 mg/kgPCVZ, com um r^2 de 0,71 (Figura 2). Para perdas metabólicas urinárias, dados obtidos do estudo de Gionbelli (2010) mostram um valor diário de 0,8 mg/kgPCVZ. A partir da soma das perdas fecais e urinárias, tem-se uma exigência líquida diária de Mg para manutenção de 4,4 mg/kgPCVZ, valor superior à recomendação do ARC (1980) e do NRC (2000).

A partir dos dados de Gionbelli (2010), utilizando fêmeas Nelore em crescimento, por meio da relação entre o Mg retido em função do Mg consumido, foi obtida uma exigência diária de Mg para manutenção de 3,3 mg/kgPCVZ (Figura 3). A utilização do valor de exigência líquida para manutenção de Mg obtido a partir da relação entre o Mg retido em função do ingerido parece mais viável do que a soma das perdas metabólicas fecais e urinárias, uma vez que esta é uma mensuração mais direta, pois extrapola para todas as possíveis perdas de Mg quando o consumo desse elemento é zero. Apesar de o valor de 3,3 mg/kgPCVZ/dia ter sido obtido a partir de dados de um único experimento, envolvendo poucos animais, a estimativa parece adequada. Dessa forma, sugere-se utilizar o valor de 3,3 mg/kgPCVZ para a exigência líquida diária de Mg para manutenção de zebuínos.

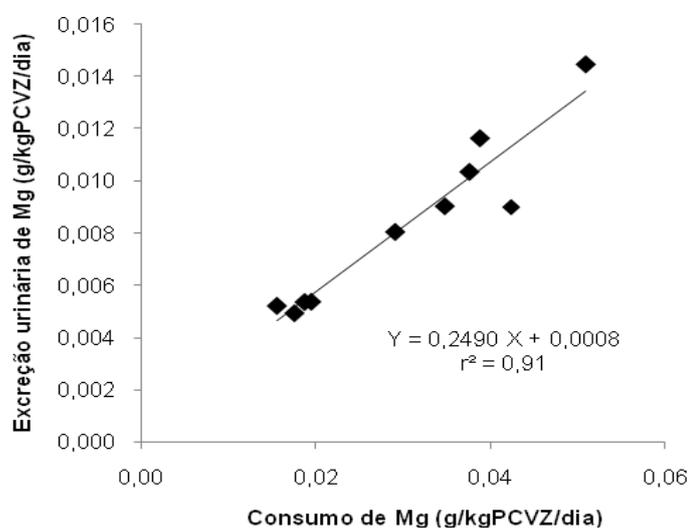
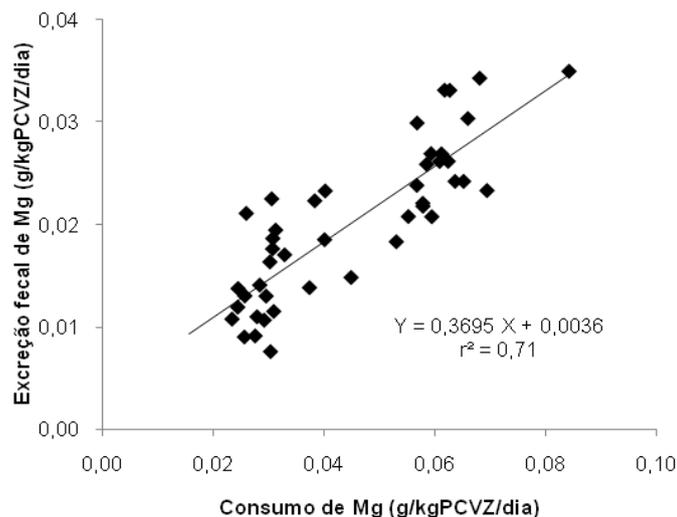


Figura 2 - Excreções fecais e urinárias em função do consumo de magnésio.

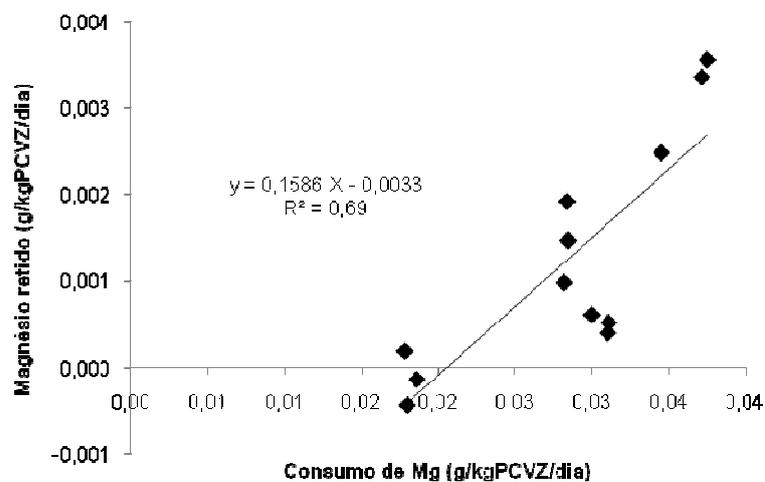


Figura 3 - Relação entre magnésio retido e magnésio ingerido em novilhas Nelore em crescimento.

Sódio

O sódio (Na) é o principal cátion presente no fluido extracelular animal, estando envolvido na manutenção da pressão osmótica, controle do balanço hídrico e regulação do equilíbrio ácido-base. O sódio também atua em contrações musculares, na transmissão de impulsos nervosos e transporte de glicose e aminoácidos.

Segundo o NRC (2000), os ruminantes possuem um elevado apetite por sódio, e se o mesmo for fornecido à vontade, eles consomem mais sal do que realmente necessitam. De acordo com esse mesmo comitê, as exigências de sódio não excedem 0,06 a 0,08% da dieta em bovinos de corte em crescimento e 0,10% da dieta de vacas de cria.

Tal como acontece para o potássio, o conceito de perda endógena não se aplica ao sódio (ARC, 1980). Entretanto, alguns autores têm relatado em bovinos correlação significativa entre excreção e a ingestão de sódio (Lomba et al., 1969), fazendo com que a perda metabólica fecal de sódio possa ser estimada por meio da relação entre o sódio excretado e consumido. Dessa forma, o ARC (1980) considera como exigências líquidas diárias de manutenção de sódio, 5,8 mg/kgPC para perdas endógenas fecais, e 1,0 mg/kgPC para perdas pela pele, não considerando perdas urinárias, sendo estes os valores adotados na primeira edição do BR-CORTE (Valadares Filho et al., 2006).

Baixa correlação entre o sódio excretado nas fezes e o sódio ingerido foi obtida quando foi realizada uma análise conjunta dos dados de três experimentos desenvolvidos no Brasil (Gionbelli, 2010; Marcondes, 2010, dados não publicados; Souza, 2010, dados não publicados). Porém, uma relação razoável ($r^2 = 0,73$) entre o Na excretado na urina e o ingerido foi obtida, levando a uma estimativa da excreção metabólica urinária diária de 4,6 mg/kgPC. Ezequiel (1987) encontrou valores negativos para a excreção endógena urinária de Na, e 3,9 mg/kgPC para excreção diária fecal endógena de sódio.

Utilizando uma regressão linear do Na retido em função do Na ingerido, uma exigência líquida diária de manutenção de 7,0 mg/kgPCVZ foi obtida a partir dos dados de Gionbelli (2010). Entretanto, o coeficiente de inclinação da equação, que representa o coeficiente de retenção de Na, foi de apenas 0,19, muito inferior àquele de 0,91 sugerido pelo ARC (1980), provavelmente em função de uma quantidade de sódio na dieta superior aos requerimentos dos animais. O valor de 7,0 mg/kgPCVZ, é bastante próximo às sugestões do ARC (1980) e representa todas as possíveis perdas endógenas de Na, incluindo as perdas urinárias, fecais e pela pele, que segundo o ARC (1980) são maiores para animais criados em condições tropicais. Dessa forma, recomenda-se a utilização desse valor para estimar as exigências líquidas de sódio para manutenção de zebuínos criados em condições brasileiras, considerando que o trabalho de Gionbelli (2010) foi conduzido com fêmeas Nelore em crescimento.

Potássio

O potássio (K) é o terceiro mineral mais abundante no organismo e o principal cátion presente no líquido intracelular, encontrado em concentrações de 100-160 mmol/L, o que corresponde a aproximadamente 25 a 30 vezes a concentração de K no sangue (Underwood & Suttle, 1999). As maiores concentrações de potássio são encontradas no músculo (ARC, 1980) e através do isótopo ^{40}K é possível estimar a composição química corporal do animal (Ward, 1966). O potássio é importante no equilíbrio ácido-base, regulação da pressão osmótica, balanço hídrico, contração muscular, transmissão de impulsos nervosos e também para algumas reações enzimáticas (NRC, 2000).

Segundo Underwood & Suttle (1999), o principal problema enfrentado pelos ruminantes em lidar com o potássio se relaciona ao excesso, ao invés de deficiência. Estes autores relataram também que são vários os mecanismos metabólicos para evitar a

ingestão de quantidades tóxicas de K, muitos deles relacionados ao hormônio aldosterona, que atua principalmente nos rins, para evitar quantidades excessivas de K circulante.

As estimativas das exigências de potássio para manutenção têm sido feitas dentro da variação normal de ingestão dietética, tanto para perdas fecais quanto para perdas urinárias (Ezequiel, 1987). O NRC (2000) sugere que bovinos em confinamento requerem 0,6% de K na dieta, para manutenção e ganho, enquanto que animais em pastejo têm uma exigência máxima de 0,4%.

O ARC (1980) sugere uma exigência de K para manutenção baseada em perdas metabólicas fecais, urinárias, salivares e através da pele, sendo cada uma calculada de um modo diferente, conforme pode ser visto na Tabela 1. As estimativas do ARC (1980) foram adotadas na primeira edição do BR-CORTE (Valadares Filho et al., 2006), e sugere-se que sejam mantidas, uma vez que os dados obtidos em nível nacional para K ainda são pouco consistentes, e mais estudos precisam ser realizados.

EXIGÊNCIAS DE MACROMINERAIS PARA GANHO

Exigência líquidas de macrominerais para ganho (ELG_Z)

O modelo mais comumente utilizado para a determinação das exigências líquidas dos macrominerais para ganho é o alométrico (ARC, 1980), onde o conteúdo corporal do elemento no corpo do animal é estimado a partir de seu peso corporal:

$$CC_Z = \beta_0 \times PCVZ^{\beta_1}$$

onde CC_Z é o conteúdo corporal do mineral Z (kg), e PCVZ é o peso de corpo vazio (kg).

Derivando-se a equação anterior para um kg de ganho de peso de corpo vazio (GPCVZ), podem ser estimadas as exigências líquidas de minerais para 1,0 kg de GPCVZ, como apresentado a seguir:

$$ELG_Z = \beta_0 \times \beta_1 \times PCVZ^{\beta_1-1}$$

onde ELG_Z é a exigência líquida para ganho de um kg de peso de corpo vazio (kg) de um determinado macroelemento 'Z', e PCVZ é o peso de corpo vazio (kg).

Anteriormente, devido à dificuldade de se estimar modelos não lineares, era utilizada a logaritmização de ambos componentes da equação para se proceder aos cálculos (CC_Z e PCVZ), sendo as ELG_Z estimadas como descrito abaixo (ARC, 1980):

$$\text{Log}(CC_Z) = \beta_0 + \beta_1 \times \text{log}(PCVZ)$$

$$ELG_Z = 10^{\beta_0} \times \beta_1 \times PCVZ^{\beta_1-1}$$

Na literatura nacional, diversos são os trabalhos que fizeram uso dessa metodologia para estimar as ELG_Z de animais zebuínos puros e cruzados (Chizzotti et al., 2009, Marcondes, et al., 2009, Paulino, et al., 2004). A primeira versão das Tabelas Brasileiras de Exigências Nutricionais de Zebuínos, BR-CORTE, (Valadares Filho et al., 2006) também fez uso desse sistema para apresentar a primeira proposta de requisitos de macrominerais para zebuínos (Tabela 2).

Tabela 2 - Exigências líquidas para ganho de peso (g/dia) de cálcio (Ca), fósforo (P), magnésio (Mg), potássio (K) e sódio (Na) de bovinos zebuínos de diferentes pesos e taxas de ganho de peso, obtidas usando dados nacionais

Ganho de peso (kg/dia)	Peso corporal (kg)				
	250	300	350	400	450
	Cálcio				
0,50	6,63	6,37	6,15	5,97	5,82
0,75	9,95	9,55	9,23	8,96	8,73
1,00	13,27	12,74	12,31	11,95	11,64
1,25	16,58	15,92	15,39	14,94	14,55
1,50	19,90	19,11	18,46	17,92	17,46
	Fósforo				
0,50	3,52	3,37	3,25	3,15	3,06
0,75	5,29	5,06	4,88	4,72	4,59
1,00	7,05	6,75	6,50	6,30	6,12
1,25	8,81	8,43	8,13	7,87	7,65
1,50	10,57	10,12	9,75	9,45	9,18
	Potássio				
0,50	0,97	1,04	1,10	1,16	1,21
0,75	1,45	1,56	1,65	1,73	1,81
1,00	1,94	2,08	2,20	2,31	2,42
1,25	2,42	2,60	2,75	2,89	3,02
1,50	2,91	3,11	3,30	3,47	3,63
	Sódio				
0,50	0,61	0,59	0,58	0,58	0,57
0,75	0,91	0,89	0,88	0,86	0,85
1,00	1,21	1,19	1,17	1,15	1,14
1,25	1,51	1,49	1,46	1,44	1,42
1,50	1,82	1,78	1,75	1,73	1,71
	Magnésio				
0,50	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
0,75	0,26	0,26	0,26	0,26	0,25
1,00	0,35	0,34	0,34	0,34	0,34
1,25	0,43	0,43	0,43	0,43	0,42
1,50	0,52	0,52	0,51	0,51	0,51

Adaptada de Valadares Filho et al. (2006).

O grande problema da utilização dos modelos apresentados até o momento é que eles se limitam às exigências de um kg de GPCVZ, uma vez que a extrapolação de modelos não-lineares não é recomendada, pois podem existir distorções consideráveis fora da amplitude dos dados.

Além dos problemas descritos até o momento, outras considerações podem ser feitas sobre a deposição de macrominerais e o crescimento corporal. Dos cinco macroelementos mais estudados, dois deles estão principalmente concentrados nos ossos, como pode ser observado pela Tabela 3.

Tabela 3 - Porcentagem de elementos minerais em animais Nelore-Angus de diferentes classes sexuais

Classe Sexual	Ossos	Músculo e gordura	Órgãos e vísceras	Couro	Sangue	Outros
Cálcio						
Machos inteiros	99,23	0,38	0,19	0,16	0,02	0,02
Machos castrados	99,27	0,33	0,22	0,14	0,02	0,02
Fêmeas	99,15	0,38	0,28	0,16	0,02	0,01
Fósforo						
Machos inteiros	90,03	7,62	1,89	0,35	0,08	0,03
Machos castrados	90,74	6,72	2,08	0,36	0,08	0,03
Fêmeas	89,75	7,61	2,19	0,33	0,09	0,02
Sódio						
Machos inteiros	42,18	25,39	7,84	12,64	11,43	0,52
Machos castrados	44,48	23,51	7,92	11,86	11,65	0,58
Fêmeas	41,99	22,77	8,53	13,26	12,85	0,61
Potássio						
Machos inteiros	10,33	73,01	11,24	3,73	1,56	0,13
Machos castrados	11,07	71,49	11,47	4,18	1,63	0,15
Fêmeas	8,42	74,36	11,46	3,83	1,77	0,16
Magnésio						
Machos inteiros	71,16	20,81	3,58	3,86	0,53	0,06
Machos castrados	73,84	18,59	3,53	3,47	0,51	0,07
Fêmeas	73,26	19,19	3,68	3,06	0,76	0,05

Adaptada de Chizzotti et al. (2009).

Como pode ser observado pela Tabela 3, e confirmado por outros autores em estudos com animais *Bos taurus* (Cheeke, 2005), cerca de 99% do cálcio e 80% do fósforo estão localizados nos ossos, sendo a ELG_Z desses minerais altamente relacionada com o crescimento do esqueleto. Uma vez estabilizada a deposição de cálcio e fósforo no esqueleto, é possível que os requisitos destes minerais para ganho se aproximem de zero. De acordo com Chizzotti et al. (2009), há uma estabilização no incremento de cálcio no PCVZ de machos inteiros, machos castrados e fêmeas com 416, 420 e 353 kg de PCVZ, respectivamente; e uma estabilização no incremento de fósforo no PCVZ com 415, 420 e 345 kg, respectivamente. Esses autores, no entanto, ainda sugerem o uso do modelo de crescimento alométrico para estimar os requisitos desses minerais até aos pesos sugeridos.

O AFRC (1991) também dá suporte à teoria sugerida acima, pois adota equações baseadas no crescimento ósseo para estimar exigências de cálcio e fósforo, ressaltando ainda que o acúmulo de minerais é altamente afetado pelo grau de maturidade dos animais, o que sugere que a utilização do PCVZ_{eq} parece mais indicada que o PCVZ para estimar as exigências líquidas de cálcio e fósforo para bovinos. O AFRC (1991) utiliza o peso à maturidade e o peso corporal para estimar as exigências líquidas de cálcio e fósforo.

Já para sódio, potássio e magnésio, existe uma maior proporção desses minerais em outros componentes corporais. Portanto as ELG_Z desses minerais estão relacionadas com o ganho corporal como um todo, com um contínuo acréscimo dos mesmos à medida que o animal cresce.

Assim, faz-se necessário o desenvolvimento de modelos para estimar as necessidades nutricionais de macrominerais em diversos GPCVZ.

Uma estatística descritiva do banco de dados utilizado para atualização das exigências líquidas de macrominerais para ganho é apresentada na Tabela 4.

Tabela 4 - Estatística descritiva do banco de dados de bovinos Nelore e cruzados utilizado para atualização das exigências líquidas de macrominerais para ganho do BR-CORTE

Item	Ca	P	Mg	Na	K
	Mineral no PCVZ (kg)				
Média	7,17	2,56	0,11	0,47	0,68
Máximo	5,26	3,49	0,17	0,76	1,20
Mínimo	2,58	1,06	0,05	0,14	0,18
	Mineral no PCVZ (% do PCVZ)				
Média	1,76	0,81	0,04	0,15	0,19
Máximo	2,71	1,24	0,06	0,21	0,29
Mínimo	1,15	0,55	0,02	0,10	0,11
	PCVZ (kg)				
Média	310,3	324,2	309,8	318,1	338,3
Máximo	492,3	476,1	477,2	492,3	506,1
Mínimo	107,7	127,3	107,7	107,7	107,7
	Número de observações				
Total	251	234	272	259	133
Nelore	162	164	207	188	108
Cruzados	89	70	65	71	25
Machos inteiros	93	99	98	119	43
Machos castrados	89	115	86	93	71
Fêmeas	69	20	88	47	19
Confinamento	219	193	251	239	109
Pastejo	32	41	21	20	24
Nº de estudos	10	8	9	8	6

Cálcio e fósforo

O cálcio representa o mineral com maior concentração no corpo, sendo encontrado basicamente no esqueleto e nos dentes (99%), sendo sua concentração de 100 mg/kg no músculo, zero na gordura e 100 g/kg nos ossos (Coelho da Silva, 1995). O cálcio está envolvido com a coagulação sanguínea, contração muscular, transmissão de impulsos nervosos, regulação do coração, secreção de hormônios e ativação e estabilização de enzimas (Lalman, 2005). O cálcio concentrado nos ossos e dentes pode ser utilizado com uma reserva deste mineral, sendo removido quando necessário para outras funções.

Geralmente há uma maior concentração de cálcio nas forragens verdes, o que proporciona uma menor deficiência deste mineral quando os animais são mantidos em condições de pastagens (Valadares Filho et al., 2010).

Além do que foi apresentado até o momento, outro fator que pode afetar a absorção e deposição de cálcio pelo animal é a concentração de fósforo da dieta. Uma relação 2:1 de cálcio:fósforo é recomendada para animais em crescimento, no entanto à medida que esta relação se inverte, ou seja, maior presença de fósforo na dieta, o animal terá que retirar cálcio dos ossos para poder utilizar o excesso de fósforo dietético. Esse problema, no entanto, se torna mais agravado uma vez que o animal não é capaz de metabolizar apenas o cálcio presente nos ossos, sendo assim,

parte do fósforo também é removido no processo, aumentando os problemas acima referidos (Lalman, 2005).

Outro problema que pode ser encontrado é a tetania, ocasionada por deficiência de cálcio ou magnésio. Antigamente pensava-se que a mesma era causada apenas pela deficiência de magnésio, contudo estudos recentes mostraram que a deficiência de cálcio também pode provocar a doença (Lalman, 2005).

Como já relatado anteriormente, o fósforo normalmente é discutido em conjunto com o cálcio, uma vez que ambos estão, em sua maioria, localizados nos ossos e dentes. Todavia, o fósforo é importante em outras funções, incluindo crescimento e diferenciação celular, utilização e transferência de energia, estrutura da membrana celular como fosfolípídios, e balanço osmótico e ácido-base (Lalman, 2005). O fósforo também é utilizado para crescimento e metabolismo de microrganismos ruminais. A deficiência de fósforo pode se tornar grave em condições tropicais, uma vez que suas gramíneas têm uma baixa concentração (Valadares Filho et al., 2010), fruto da infertilidade em fósforo e alta acidez dos solos nacionais.

Para o cálculo das exigências líquidas de cálcio e fósforo para ganho de peso (ELG_{Ca} e ELG_P , respectivamente) foi utilizada a relação entre o cálcio e o fósforo presentes no corpo e o peso de corpo vazio equivalente ($PCVZ_{eq}$, descrito no capítulo 4). Como o banco de dados existente para macrominerais é pequeno, não foi possível testar efeitos de condição sexual ou grupo genético sobre o modelo, assim decidiu-se utilizar o $PCVZ_{eq}$ como forma de controlar possíveis efeitos de grupo genético sobre as ELG_{Ca} e ELG_P .

Foram testados dois modelos para descrever a relação entre o cálcio e o fósforo retidos e o $PCVZ_{eq}$, sendo um modelo alométrico, normalmente utilizado para estimar as exigências de macrominerais para ganho no Brasil, semelhante ao adotado pelo AFRC (1991), e outro modelo polinomial, quadrático, conforme já havia sido utilizado pelo ARC (1965). A utilização do modelo quadrático teve por objetivo buscar um melhor ajuste biológico do modelo nos pontos onde poucos dados da deposição de minerais estão disponíveis (abaixo de 200 e acima de 400 kg de $PCVZ_{eq}$, Figuras 4 e 5).

Os dois modelos testados tiveram ajuste similar ($r^2 = 0,67$ para cálcio e $0,71$ para fósforo), e a partir de suas derivadas, que representam as taxas de aumento da quantidade do mineral no corpo do animal, foram construídas as equações para estimativas das exigências líquidas de cálcio para ganho de peso, conforme abaixo:

Alométrico	Z_{PCVZ} (kg)	$\hat{Y} = \beta_1 \times PCVZ_{eq}^{\beta_2}$
	ELG_Z (kg/dia)	$\hat{Y} = GPCVZ \times (\beta_1 \times \beta_2 \times PCVZ_{eq}^{\beta_2 - 1})$
Quadrático	Z_{PCVZ} (kg)	$\hat{Y} = \beta_0 + \beta_1 \times PCVZ_{eq} + \beta_2 \times PCVZ_{eq}^2$
	ELG_Z (kg/dia)	$\hat{Y} = GPCVZ \times (\beta_1 + 2 \times \beta_2 \times PCVZ_{eq})$

onde Z_{PCVZ} representa o conteúdo do mineral Z no peso de corpo vazio, ELG_Z é a exigência líquida do mineral Z para ganho de peso, $PCVZ_{eq}$ é o peso de corpo vazio equivalente (kg), $GPCVZ$ é o ganho de peso de corpo vazio (kg/dia).

As equações geradas para predição do cálcio e fósforo retidos, bem como as equações para estimativa da ELG_{Ca} e ELG_P são apresentadas na Tabela 5.

Tabela 5 - Equações para predição do conteúdo corporal de cálcio e fósforo e das exigências líquidas de cálcio e fósforo em função do peso de corpo vazio equivalente (PCVZ_{eq}), geradas a partir de modelo alométrico ou quadrático

Mineral	Modelo	Equação
Cálcio	Alométrico	$Ca_{PCVZ} \text{ (kg)} = 0,17 \times PCVZ_{eq}^{0,60}$ $ELG_{Ca} \text{ (g)} = GPCVZ \times (102 \times PCVZ_{eq}^{-0,40})$
	Quadrático	$Ca_{PCVZ} \text{ (Kg)} = 0,2 + 0,024 \times PCVZ_{eq} - 0,0000225 \times PCVZ_{eq}^2$ $ELG_{Ca} \text{ (g)} = GPCVZ \times (24 - 0,045 \times PCVZ_{eq})$
Fósforo	Alométrico	$P_{PCVZ} \text{ (kg)} = 0,042 \times PCVZ_{eq}^{0,71}$ $ELG_P \text{ (g)} = GPCVZ \times (29,8 \times PCVZ_{eq}^{-0,29})$
	Quadrático	$P_{PCVZ} \text{ (Kg)} = -0,3 + 0,013 \times PCVZ_{eq} - 0,0000119 \times PCVZ_{eq}^2$ $ELG_P \text{ (g)} = GPCVZ \times (13 - 0,0238 \times PCVZ_{eq})$

Em conjunto com o ajuste do modelo quadrático, foi determinado pelo método do linear platô, o ponto em que não há mais acréscimo significativo do mineral no PCVZ_{eq}, assim como sugerido por Chizzotti et al. (2009). Os platôs encontrados para cálcio e fósforo são apresentados na Tabela 6, sendo as exigências líquidas para ganho desses minerais, a partir desses pesos, consideradas iguais a zero.

Tabela 6 - Platô de deposição de cálcio e fósforo em animais Nelore e cruzados

Mineral	Grupo genético	Platô
Cálcio	Nelore	412,8 kg de PCVZ _{eq} ou 469,5 kg de PC ¹
	Cruzados	412,8 kg de PCVZ _{eq} ou 496,8 kg de PC ¹
Fósforo	Nelore	411,5 kg de PCVZ _{eq} ou 468,0 kg de PC ¹
	Cruzados	411,5 kg de PCVZ _{eq} ou 495,3 kg de PC ¹

¹Considerando PC = PCJ / 0,96.

Sugere-se a utilização de um platô comum para Ca e P, de 412 kg de PCVZ_{eq} (469 kg de PC para Nelore e 496 kg para cruzados). Chizzotti et al. (2009) observaram um platô para deposição de Ca e P aos 416 kg de PCVZ, para animais Nelore e Cruzados.

As Figuras 4 e 5 mostram o ajuste dos modelos alométrico e quadrático à relação entre as quantidades de Ca e P retidas no corpo do animal e o PCVZ_{eq}.

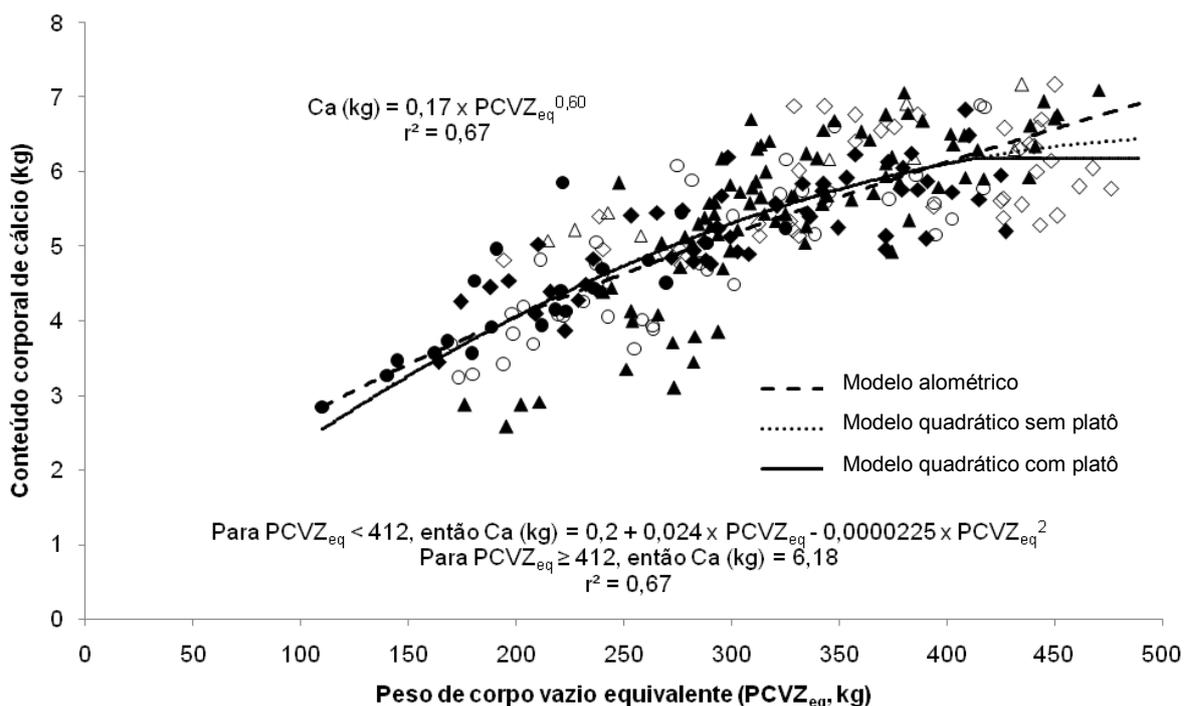


Figura 4 - Relação entre o conteúdo corporal de Cálcio e o peso de corpo vazio equivalente (PCVZ_{eq}). Os símbolos representam dados de machos inteiros (▲, △), machos castrados (◇, ◆), e fêmeas (○, ●). Pontos sólidos representam animais Nelore, e pontos vazios representam animais cruzados *Bos Indicus* com *Bos taurus*.

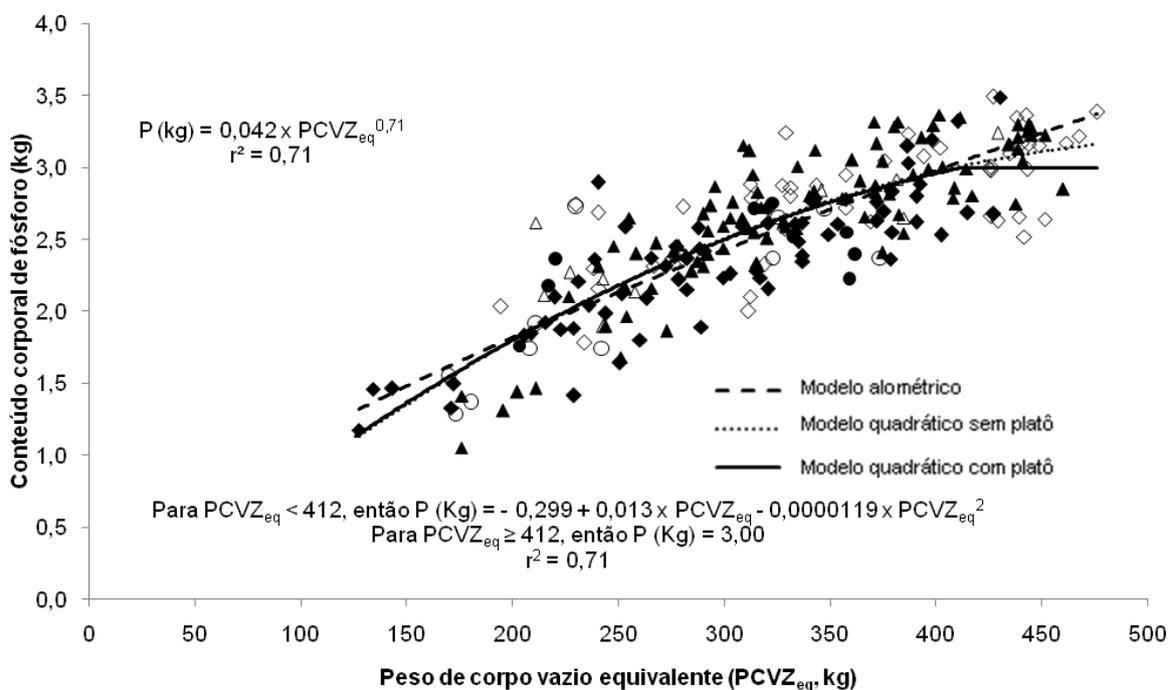


Figura 5 - Relação entre o conteúdo corporal de fósforo e o peso de corpo vazio equivalente (PCVZ_{eq}). Os símbolos representam dados de machos inteiros (▲, △), machos castrados (◇, ◆), e fêmeas (○, ●). Pontos sólidos representam animais Nelore, e pontos vazios representam animais cruzados *Bos Indicus* com *Bos taurus*.

A grande variação dos dados existentes dificulta a avaliação do efeito de classe sexual e grupo genético sobre as exigências líquidas para ganho de cálcio e fósforo. O efeito racial parece ser bem controlado, uma vez que o $PCVZ_{eq}$ corrige animais de maturidades diferentes para uma mesma maturidade, contudo não há controle do efeito de condição sexual no modelo. Fontes (1995) fez uma avaliação de dados presentes na literatura brasileira e não encontrou efeito racial quando os animais foram divididos em zebuínos, cruzados com raças leiteiras e cruzados com raças de corte. Contudo, esse autor verificou diferenças entre machos inteiros e castrados para as exigências líquidas, verificando que animais castrados têm uma menor exigência líquida de manutenção para cálcio e fósforo. Já Marcondes et al. (2009) não evidenciaram efeito de classe sexual sobre as exigências líquidas para ganho de cálcio e fósforo. Os diversos sistemas de exigências nutricionais (AFRC, 1991, NRC, 2000, CSIRO, 2007) também não levam em consideração efeitos de condição sexual ou grupo genético sobre os requisitos de cálcio e fósforo.

O NRC (2000) estimou os requerimentos de cálcio (Ca) e fósforo (P) para ganho em função do ganho diário de proteína, sendo para o Ca de 7,1 g por 100 g de acréscimo de proteína e de fósforo de 3,9 g por 100 g de ganho protéico. Chizzotti et al. (2009) relataram que a deposição de Ca e P não segue o mesmo comportamento da deposição de proteína. Esses autores também observaram um platô de deposição de Ca e P aos 416 kg de PCVZ de animais Nelore×Angus, enquanto que para a deposição de proteína esse platô foi de 450 kg, levando a uma superestimativa das exigências desses minerais para PCVZ maior do que 416 kg, caso fossem calculadas em função da deposição de proteína. Fazendo uso do banco de dados atual do BR-CORTE, também não foi observada correlação entre a retenção de cálcio ou fósforo e a retenção de proteína no corpo dos animais ($r = 0,20$ e $0,26$, respectivamente).

Nos últimos anos, as exigências de minerais têm recebido uma grande consideração, pois a previsão exata das necessidades de minerais pode reduzir a excreção de minerais e a poluição ambiental. Recentes publicações têm abordado a necessidade da redução do impacto ambiental causado pela excreção excessiva de fósforo por bovinos (Vasconcelos et al., 2007; O'Rourke et al., 2007; Modin-Edman et al., 2007; Pfeffer & Hristov, 2005).

Alguns nutricionistas sugeriram que as exigências de fósforo recomendadas pelo NRC (1996) subestimam as necessidades dos bovinos (Galyean & Gleghorn, 2001), e sugerem uma suplementação excedente desse mineral. Block et al. (2004) sugeriram, no entanto, que as exigências de fósforo recomendadas pelo NRC (2000) podem estar superestimadas. Erickson et al. (1999, 2002) não observaram diferenças no desempenho de novilhos alimentados com 71 ou 162%, nem em bezerros alimentados com 76 ou 190% das exigências de fósforo preconizadas pelo NRC (1996), que são as mesmas do NRC (2000). Call et al. (1978) alimentaram novilhas de corte por um período de dois anos, com 66 ou 174% das exigências de fósforo recomendadas pelo NRC, e não observaram diferenças no ganho de peso desses animais.

As equações geradas nesta edição do BR-CORTE (Tabela 5) estimam exigências líquidas de Ca e P para ganho de peso inferiores àquelas publicadas na primeira edição do BR-CORTE, conforme pode ser verificado nas Figuras 6 e 7, onde também é feita uma comparação com as equações de estimativa das exigências líquidas de Ca e P para ganho recomendadas por outros sistemas de exigências nutricionais.

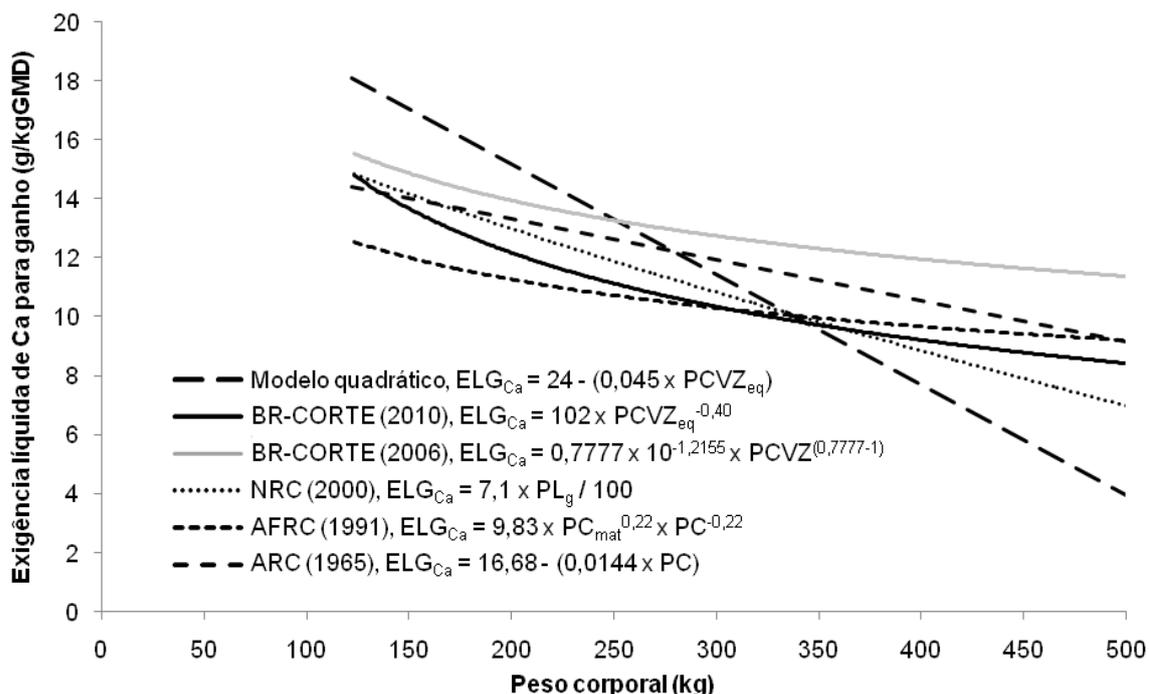


Figura 6 - Relação entre a exigência líquida de cálcio para ganho e o peso corporal, calculada por diferentes equações, a partir da recomendação de diferentes sistemas de exigências nutricionais.

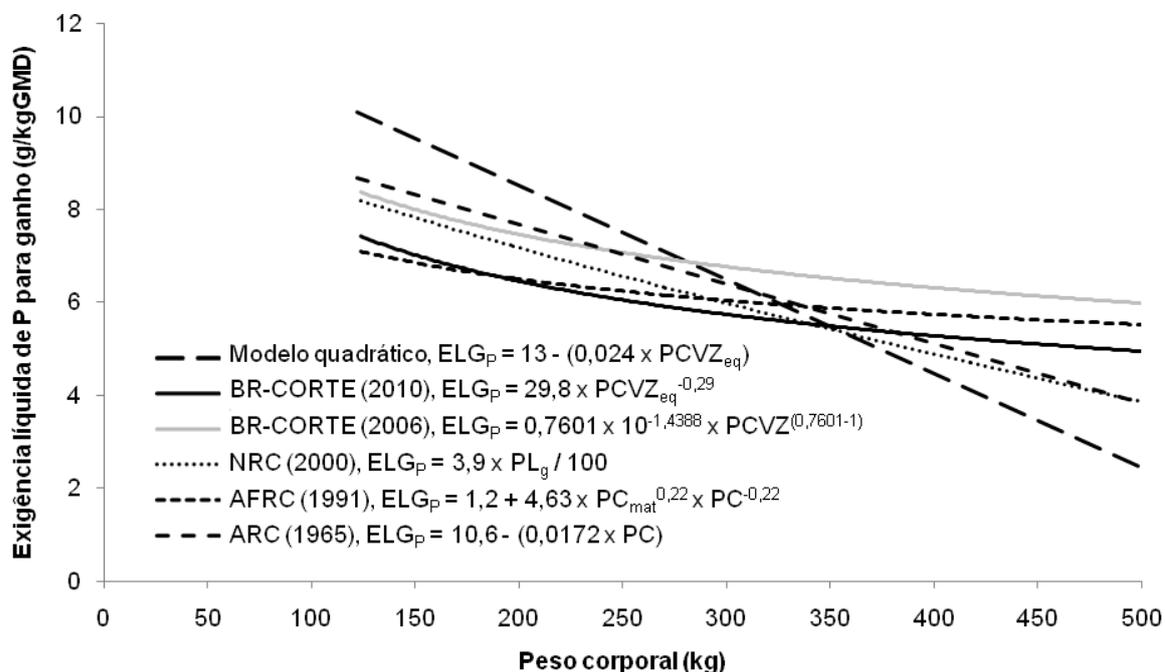


Figura 7 - Relação entre a exigência líquida de fósforo para ganho e o peso corporal, calculada por diferentes equações, a partir da recomendação de diferentes sistemas de exigências nutricionais.

Percebe-se, nas Figuras 6 e 7, que houve uma redução da estimativa das exigências líquidas de Ca e P para ganho de peso da edição passada do BR-CORTE (Valadares Filho et al., 2006) para esta edição, quando utilizados os modelos alométricos. Já os modelos quadráticos, promovem uma estimativa maior para pesos menores, e uma acentuada redução nas exigências líquidas de Ca e P para ganho em função do aumento do peso corporal, chegando a estimativas menores do que as recomendadas pelos outros sistemas de exigências nutricionais para pesos corporais acima de 400 kg.

As menores estimativas das exigências líquidas de Ca e P para pesos acima de 400 kg estimadas a partir modelos quadráticos parecem ir ao encontro das sugestões de que as exigências de fósforo do NRC (2000) possam estar superestimadas (CAST, 2002; Block et al., 2004). No entanto, estes modelos ainda precisam ser validados, por meio de experimentos realizados em condições brasileiras, com diferentes níveis de Ca e P na dieta. A utilização de um platô, a partir do qual as exigências de Ca e P para ganho sejam iguais a zero também precisa de validação, e é aqui apresentada como uma sugestão. Chizzotti et al. (2009) já sugeriram a utilização de um platô para a deposição de Ca e P, no entanto, em função de que os dados desses autores estão incluídos no banco de dados que geraram as equações desta edição do BR-CORTE, este trabalho não pode ser considerado como validação para esta sugestão.

Diante disso, são ainda recomendadas, nesta edição, as equações de predição das exigências líquidas para Ca e P construídas a partir dos modelos alométricos (Tabela 5), utilizados até então no Brasil. A partir dessas equações, foram calculadas as exigências líquidas de Ca e P para ganho de peso de bovinos Nelore e cruzados, apresentadas nas Tabelas 7 e 8.

Tabela 7 - Exigências líquidas de cálcio para ganho de peso de animais Nelore puros e cruzados em diferentes pesos corporais e taxas de ganho de peso

Ganho de peso (kg/dia)	Peso corporal (kg)					
	200	250	300	350	400	450
	Nelore (confinamento)					
0,50	6,04	5,52	5,13	4,83	4,57	4,36
0,75	9,06	8,28	7,70	7,24	6,86	6,55
1,00	12,07	11,04	10,27	9,65	9,15	8,73
1,25	15,09	13,80	12,83	12,07	11,44	10,91
1,50	18,11	16,56	15,40	14,48	13,72	13,09
	Cruzados (confinamento)					
0,50	6,37	5,83	5,42	5,09	4,83	4,61
0,75	9,56	8,74	8,13	7,64	7,24	6,91
1,00	12,75	11,66	10,84	10,19	9,66	9,21
1,25	15,93	14,57	13,55	12,74	12,07	11,52
1,50	19,12	17,49	16,26	15,28	14,49	13,82
	Nelore (pastejo)					
0,50	6,25	5,72	5,31	5,00	4,74	4,52
0,75	9,37	8,57	7,97	7,49	7,10	6,78
1,00	12,50	11,43	10,63	9,99	9,47	9,04
1,25	15,62	14,29	13,28	12,49	11,84	11,30
1,50	18,75	17,15	15,94	14,99	14,21	13,56

OBS.: As diferenças nas exigências de animais Nelore e cruzados, e confinados e a pasto são oriundas de diferenças no PCVZ e no PCVZ_{eq} entre esses animais.

Tabela 8 - Exigências líquidas de fósforo para ganho de peso de animais Nelore puros e cruzados em diferentes pesos corporais e taxas de ganho de peso

Ganho de peso (kg/dia)	Peso corporal (kg)					
	200	250	300	350	400	450
	Nelore (confinamento)					
0,50	3,11	2,92	2,77	2,65	2,55	2,46
0,75	4,67	4,38	4,15	3,97	3,82	3,69
1,00	6,23	5,84	5,54	5,30	5,09	4,92
1,25	7,79	7,30	6,92	6,62	6,37	6,15
1,50	9,34	8,76	8,31	7,94	7,64	7,39
	Cruzados (confinamento)					
0,50	3,27	3,06	2,90	2,78	2,67	2,58
0,75	4,90	4,59	4,36	4,17	4,01	3,87
1,00	6,53	6,13	5,81	5,56	5,34	5,17
1,25	8,17	7,66	7,26	6,94	6,68	6,46
1,50	9,80	9,19	8,71	8,33	8,02	7,75
	Nelore (pastejo)					
0,50	3,21	3,01	2,86	2,73	2,63	2,54
0,75	4,82	4,52	4,28	4,10	3,94	3,81
1,00	6,42	6,02	5,71	5,46	5,25	5,08
1,25	8,03	7,53	7,14	6,83	6,57	6,35
1,50	9,63	9,03	8,57	8,19	7,88	7,62

OBS.: As diferenças nas exigências de animais Nelore e cruzados, e confinados e a pasto são oriundas de diferenças no PCVZ e no PCVZ_{eq} entre esses animais.

Magnésio

O magnésio também possui uma relação forte com o cálcio e fósforo, pois, conforme pode ser observado na Tabela 3, tem cerca de 73% de seu peso total concentrado nos ossos dos animais. Todavia, ele também é essencial no metabolismo de energia, transmissão do código genético, transporte de membrana e transmissão de impulsos nervosos, além de estar relacionado com a ativação de mais de 300 enzimas (Lalman, 2005).

Um dos possíveis problemas associados à deficiência de magnésio é sua relação com o potássio dietético, uma vez que o excesso de potássio, que geralmente é encontrado em altas concentrações em forragens (Valadares Filho et al., 2010), pode provocar uma redução na absorção de magnésio pelo animal, com conseqüente tetania e morte. Com a alta concentração de potássio nas forragens, uma suplementação de magnésio faz-se sempre necessária, quando os animais são mantidos em pastejo.

Apesar da semelhança e relação entre cálcio, magnésio e fósforo, não observou-se a tendência de estabilização na deposição de magnésio no corpo vazio. Ao contrário, foi observada uma tendência linear de deposição de magnésio dos 100 aos 450 kg de PCVZ (Figura 8), comportamento também observado pelo ARC (1965). Contudo o ARC (1965) encontrou a seguinte relação entre o Mg corporal e o peso corporal: $0,385 \times PC - 3,2$.

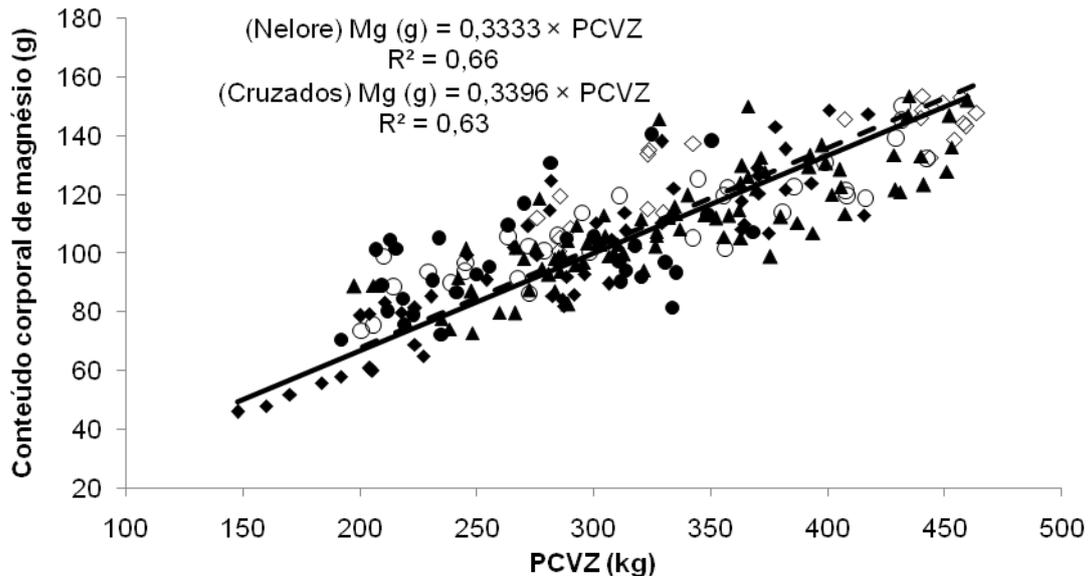


Figura 8 - Relação entre o conteúdo corporal de magnésio e o peso de corpo vazio (PCVZ). Os símbolos representam dados de machos inteiros (▲, △), machos castrados (◇, ◆), e fêmeas (○, ●). Pontos e linha sólidos representam animais Nelore, e pontos vazios e linha tracejada representam animais cruzados *Bos Indicus* com *Bos taurus*.

Com o uso do banco de dados atualizado do BR-CORTE, estimaram-se as exigências líquidas de magnésio para ganho em função do GPCVZ. Verificou-se efeito de grupo genético, mas não de classe sexual (Tabela 9). Atualmente os diversos sistemas (AFRC, 1993, NRC, 2000, CSIRO, 2007) utilizam a recomendação do ARC (1980) para estimar as exigências líquidas para ganho de magnésio, com base na extrapolação da equação alométrica do conteúdo de magnésio em relação ao peso corporal dos animais. O AFRC (1993) adotou um valor médio de 450 mg de magnésio por kg de GPCVZ, valor este próximo ao obtido neste trabalho.

Assim sugere-se o uso das seguintes equações para estimar as exigências líquidas de magnésio para ganho de peso:

Nelore Exigências líquidas de Mg para ganho (mg/dia) = 333,3 × GPCVZ
 Cruzados Exigências líquidas de Mg para ganho (mg/dia) = 339,6 × GPCVZ

onde GPCVZ é o ganho de peso de corpo vazio (kg/dia).

Tabela 9 - Exigências líquidas de magnésio e sódio para ganho de peso para animais Nelore puros e cruzados de diferentes classes sexuais e taxas de ganho de peso

Ganho de peso (kg/dia)	Mg (mg/dia)		Na (g/dia)			
	Nelore	Cruzados	Nelore		Cruzados	
			Machos inteiros e castrados	Fêmeas	Machos inteiros e castrados	Fêmeas
0,50	155,82	158,76	0,71	0,63	0,67	0,58
0,75	233,73	238,14	1,07	0,95	1,01	0,88
1,00	311,64	317,53	1,43	1,26	1,35	1,17
1,25	389,54	396,91	1,78	1,58	1,68	1,46
1,50	467,45	476,29	2,14	1,89	2,02	1,75

Sódio e Potássio

Sódio e potássio são normalmente discutidos em conjunto devido à sua relação próxima no metabolismo animal. O sal comum (NaCl) é rotineiramente utilizado como fonte de sódio na alimentação de ruminantes. Uma das principais razões para o desejo inato dos ruminantes em consumir sal foi durante muitos anos justificado como reflexo dos requisitos nutricionais e estado fisiológico (Cheeke, 2005). Contudo, segundo Morris (1980), os ruminantes possuem um grande apetite por sal, consumindo quantidades bem superiores às necessárias. Segundo ele, o melhor indicativo do status nutricional de sódio é sua relação com o potássio, que deve ser por volta de 20:1. As dietas de herbívoros tendem a ter alto teor de potássio, devido a sua elevada concentração em forragens, o que pode provocar baixas relações Na:K (que podem atingir um limite máximo de 10:1), fator este que pode contribuir para o maior apetite de herbívoros por sódio.

Ruminantes possuem grande habilidade de conservar sódio, pois o mesmo é armazenado no rúmen e pode ser absorvido para a corrente sanguínea em caso de deficiência de sódio e potássio, nesse caso, é substituído do sódio na saliva (Cheeke, 2005).

A deficiência de sódio pode levar à diminuição da pressão osmótica, que pode resultar numa desidratação corporal. Dentre os sintomas estão a diminuição no crescimento e perda de eficiência de uso da proteína e energia (McDonald et al., 2002), além de apetite depravado (Underwood & Suttle, 1999).

As exigências de sódio para ganho de peso (ELG_{Na}), a exemplo do que foi feito para o magnésio, foram estimadas por meio de uma regressão linear do conteúdo corporal de sódio em relação ao PCVZ (Figura 9). Devido à maior simplicidade do modelo foi possível identificar efeitos de grupo genético e classe sexual sobre as ELG_{Na} , embora não tenha sido observada diferença entre machos inteiros e castrados (Tabela 9). Assim recomenda-se as seguintes equações para estimar as ELG_{Na} :

Nelore	Machos inteiros e castrados	ELG_{Na} (g/dia) = 1,5243 × GPCVZ
	Fêmeas	ELG_{Na} (g/dia) = 1,3503 × GPCVZ
Cruzados	Machos inteiros e castrados	ELG_{Na} (g/dia) = 1,4388 × GPCVZ
	Fêmeas	ELG_{Na} (g/dia) = 1,2511 × GPCVZ

onde GPCVZ é o ganho de peso de corpo vazio (kg/dia).

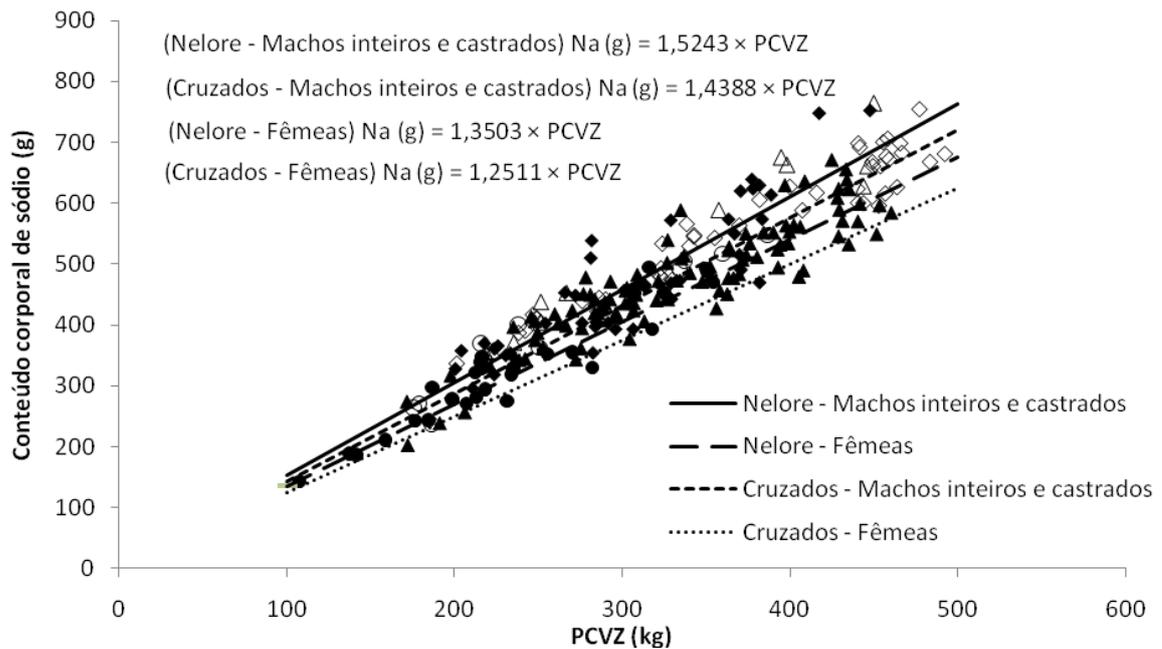


Figura 9 - Relação entre o conteúdo corporal de sódio e o peso de corpo vazio (PCVZ). Os símbolos representam dados de machos inteiros (\blacktriangle , \triangle), machos castrados (\diamond , \blacklozenge), e fêmeas (\circ , \bullet). Pontos e representam animais Nelore, e pontos vazios e linha tracejada representam animais cruzados *Bos indicus* com *Bos taurus*.

Os dados apresentados na Tabela 9 para ELG_{Na} são inferiores às exigências sugeridas pelo NRC (2000) e CSIRO (2007) de 0,6 a 0,8 g de Na/kg MS consumida, descontadas as exigências de manutenção. Esses valores foram sugeridos por Morris (1980), em que animais mais novos teriam uma maior necessidade de sódio (0,8 g/kg MS) em relação à animais mais velhos (0,6 g/kgMS). Todavia são superiores aos apresentados na última versão do BR-CORTE (Tabela 2), com exceção das ELG_{Na} para fêmeas cruzadas.

O potássio é o terceiro mineral mais abundante no corpo. Ele é importante para a regulação do equilíbrio ácido-base, regulação da pressão osmótica, impulsos nervosos e reações enzimáticas (Lalman, 2005). Geralmente o potássio não representa uma das maiores deficiências de minerais em ruminantes, uma vez que os alimentos por eles utilizados apresentam um teor relativamente alto de potássio (Tabela 3). Contudo, o potássio é extremamente lábil na planta, e pode ter seu teor reduzido na planta drasticamente em períodos de maturação, seca, ou manejo inadequado durante a fenação, chegando a um declínio de até 76% (Lalman, 2005).

Cheeke (2005) sugeriu que o potássio pode ter um importante papel na redução dos efeitos de estresse, no entanto, segundo o autor, os resultados presentes ainda são contraditórios (Hutcheson & Cole, 1986), sendo necessários mais estudos para compreender completamente este papel desempenhado pelo potássio.

As exigências líquidas de potássio para ganho foram estimadas da mesma forma que para sódio e magnésio, uma vez que grande parte desse mineral está localizado no músculo (Tabela 3), contudo foi verificada uma tendência de aumento da concentração de potássio no corpo com o aumento do $PCVZ_{eq}$. Dessa forma, ajustaram-se dois modelos, um alométrico e um quadrático, para determinar os requisitos nutricionais de potássio para bovinos Nelore puros e cruzados (Figura 10). Os dois modelos tiveram ajuste semelhante, porém, da mesma forma que para o

cálcio e o fósforo, a utilização de um modelo quadrático para o potássio ainda depende de validação. Dessa forma, as exigências líquidas de K para ganho, nesta edição do BR-CORTE, foram estimadas pelo modelo alométrico.

Devido à baixa quantidade de dados e à falta de repetições de grupos genéticos e classes sexuais em todas classificações, não foi possível testar esses efeitos no modelo de estimação do conteúdo de potássio no PCVZ. Porém, como foi utilizado o $PCVZ_{eq}$ no modelo acima referido, pode-se estimar separadamente as ELG_K para animais Nelore puros e cruzados (Tabela 10).

As equações para determinar a composição de potássio no $PCVZ_{eq}$ e as ELG_K são as seguintes:

$$K (g) = 0,21 \times PCVZ_{eq}^{1,38}$$

$$ELG_K (g/dia) = GPCVZ \times (0,29 \times PCVZ_{eq}^{0,38})$$

onde $PCVZ_{eq}$ é o peso de corpo vazio equivalente (kg) e GPCVZ é o ganho de peso de corpo vazio (kg/dia).

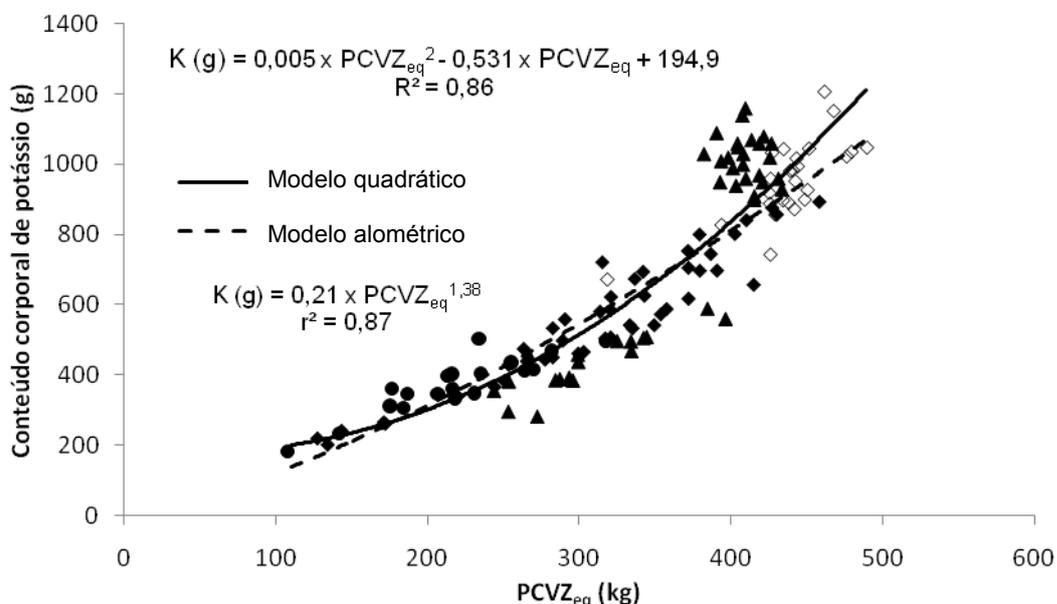


Figura 10 - Relação entre o conteúdo corporal de potássio e o peso de corpo vazio equivalente ($PCVZ_{eq}$). Os símbolos representam dados de machos inteiros (\blacktriangle , \triangle), machos castrados (\diamond , \blacklozenge), e fêmeas (\circ , \bullet). Pontos e representam animais Nelore, e pontos vazios e linha tracejada representam animais cruzados *Bos indicus* com *Bos taurus*.

Percebe-se que houve um aumento das ELG_K em relação à última versão do BR-CORTE, no entanto, os dados atualizados ainda produzem exigências líquidas para ganho cerca de 70% menores que as preconizadas pelo NRC (2000), que são calculadas como 0,6% do consumo de matéria seca. O ARC (1980) sugeriu um requisito de 2 g de potássio por kg de GPCVZ, e Fontes (1995) sugeriu valores entre 1,82 e 1,75 g por kg de GPCVZ para animais zebuínos puros e cruzados, porém esses autores sugeriram que há um decréscimo da concentração de potássio à medida em o animal cresce, fato esse não observado com o presente banco de dados (Figura 10).

Tabela 10 - Exigências líquidas de potássio para ganho de peso para animais Nelore puros e cruzados de diferentes taxas de ganho de peso

Ganho de peso (kg/dia)	Peso corporal (kg)				
	250	300	350	400	450
	Nelore (confinado)				
0,50	1,05	1,13	1,20	1,26	1,32
0,75	1,58	1,69	1,80	1,89	1,98
1,00	2,11	2,26	2,39	2,52	2,63
1,25	2,63	2,82	2,99	3,15	3,29
1,50	3,16	3,39	3,59	3,78	3,95
	Cruzados (confinado)				
0,50	1,06	1,14	1,21	1,27	1,33
0,75	1,60	1,71	1,81	1,91	2,00
1,00	2,13	2,28	2,42	2,54	2,66
1,25	2,66	2,85	3,02	3,18	3,33
1,50	3,19	3,42	3,63	3,82	3,99
	Nelore (pasto)				
0,50	1,06	1,14	1,20	1,27	1,33
0,75	1,59	1,70	1,81	1,90	1,99
1,00	2,12	2,27	2,41	2,53	2,65
1,25	2,65	2,84	3,01	3,17	3,31
1,50	3,18	3,41	3,61	3,80	3,98

ABSORÇÃO DOS MACROMINERAIS

Como forma de converter as exigências líquidas de minerais para manutenção e ganho em exigências dietéticas, utiliza-se um coeficiente de absorção verdadeiro para cada mineral. Esse coeficiente também é comumente chamado de disponibilidade verdadeira ou biodisponibilidade do mineral. Para o cálculo desse fator de eficiência, normalmente é gerada uma equação de regressão entre a quantidade de mineral absorvido, calculada como a diferença entre o que é ingerido e o que é excretado nas fezes, em função do mineral ingerido. O coeficiente de inclinação da equação é considerado o coeficiente de absorção verdadeiro do mineral.

Uma série de trabalhos a respeito desses coeficientes podem ser encontrados na literatura, a partir dos quais observa-se grande variação nos resultados (Tabela 11). Muitas dessas variações são oriundas de fatores ainda não conhecidos, e outras por fatores conhecidos, como o fato de que uma quantidade excessiva de Ca e P na dieta provoca uma menor absorção, visto que para esses minerais a absorção é regulada a nível intestinal (Field, 1983a). A seguir, serão feitas considerações sobre o coeficiente de absorção dos principais macrominerais estudados (Ca, P, Mg, Na e K).

Tabela 11 - Valores de coeficiente de absorção de Ca, P, Mg, Na e K observados na literatura

Fonte	Coeficiente de absorção ¹				
	Ca	P	Mg	Na	K
ARC (1980)	0,68	0,60	0,17	0,91	1,00
AFRC (1991)	-	0,58 a 0,70	-	-	-
NRC (1989) – Gado de leite	0,38	0,58	-	-	0,90
NRC (1996) – Gado de corte	0,50	0,68	-	-	-
NRC (2001) – Gado de leite (forragens)	0,30	0,80	-	0,81	-
NRC (2001) – Gado de leite (concentrado)	0,60	-	-	1,00	-
Marshal e Long (1971) – Zebuínos, alto concentrado	0,80	-	-	-	-
Blaney et al. (1982) – Gramíneas tropicais	0,50	-	-	-	-
Field (1983b) – Manutenção	-	0,58	-	-	-
Ezequiel (1987) ² – Nelore	0,62	0,72	0,52	0,66	1,00
Coelho da Silva et al. (1991) ²	-	-	0,16	0,76	-
Rosado (1991) ² – Vacas leiteiras	-	-	0,44	0,57	0,44
Valadares Filho et al. (1991) ²	-	-	0,57	-	-
Boin (1993) ² - Bezerros até 1 ano de idade	-	0,78	-	-	-
Boin (1993) ² - Animais com mais de 1 ano de idade	-	0,58	-	-	-
Coelho da Silva (1995) ² – Novilhos leiteiros	0,72	0,63	0,38	0,54	-
Araujo et al. (2001) ² – Bezerros	0,59	0,56	0,45	0,94	0,78
Souza (dados não publicados) ²	0,85	-	0,60	0,61	0,56
Marcondes (dados não publicados) ²	0,91	0,79	0,83	0,81	0,80
Gionbelli (2010) ^{2,3}	0,55	0,56	0,16	0,19	0,04

¹ Em negrito estão os valores adotados na edição anterior do BR-CORTE; ² Experimentos realizados no Brasil; ³ Coeficiente de retenção.

Cálcio

O cálcio é absorvido principalmente no duodeno e jejuno por transporte ativo e difusão passiva (McDowell, 1992) e sua absorção é regulada pelo hormônio 1,25 dihidroxicolifercalciferol (Vitamina D₃), (DeLuca, 1979). Sugere-se que a absorção de Ca seja regulada para manter a concentração de cálcio extracelular (CSIRO, 2007).

Dietas com excesso de gordura podem diminuir a absorção de cálcio em função da formação de sabões (Oltjen, 1975). A quantidade de cálcio absorvida é afetada por vários fatores como: a forma química e fonte do mineral, as inter-relações com outros nutrientes, e a exigência do animal (NRC, 1996).

A idade exerce um fator importante no coeficiente de absorção de cálcio por bovinos. Valores variando de 98% para bezerros lactentes até valores negativos em animais velhos (Hansard et al., 1954). A absorção de Ca é controlada por mecanismo homeostático (Boin, 1993) e por isso é dependente da relação entre a quantidade de Ca na dieta e as exigências do animal. Excesso de Ca na dieta de animais adultos, como resultado da baixa exigência desse elemento por estes animais, pode levar à obtenção de menores coeficientes de absorção para animais mais velhos. Em função disso, a utilização de um coeficiente de absorção baseado na idade do animal parece não ser necessária.

O NRC (2001) considera inapropriada a utilização de um único coeficiente de absorção de Ca e sugere, por meio de médias obtidas a partir de vários trabalhos, que o Ca das forragens tem absorção de 0,30, e o Ca de concentrados, absorção de 0,60, embora estudos do coeficiente de absorção de Ca de concentrados ainda sejam escassos com ruminantes.

O coeficiente de retenção de Ca obtido a partir dos dados de Gionbelli (2010) e apresentado na Figura 1 foi de 0,55. Sugere-se, nesta edição do BR-CORTE, a adoção do valor de 0,55 como coeficiente de absorção de Ca, por ter sido obtido a partir de animais Nelore, em crescimento, e pelos resultados obtidos no Brasil

apontarem para uma absorção de Ca maior do que os valores recomendados pelo NRC (1989, 1996 e 2001), como pode ser visto na Tabela 11. Além disso, a medida do coeficiente de retenção parece mais apropriada do que a do coeficiente de absorção, uma vez que o coeficiente de retenção representa diretamente a relação entre o mineral consumido e o mineral retido, contemplando também outras possíveis perdas do mineral, como através da pele, por exemplo.

Fósforo

A absorção de fósforo ocorre sob controle homeostático, a nível intestinal, e é mediada pelo hormônio 1,25 dihidroxicoliferciferol (Vitamina D₃). Como resultado, para dietas pobres em P, a absorção é maximizada, assim como a reabsorção de secreções endógenas. Esses fatores contribuem para dificultar as mensurações de absorção de fósforo (CSIRO, 2007). Outro fator complicador é o fato de a excreção endógena de fósforo ser principalmente de origem salivar, sendo influenciada, portanto, pela quantidade e forma física da dieta (AFRC, 1991).

A absorção de P varia com a idade do animal, observando-se redução na eficiência de absorção acima de 14 meses de idade (ARC, 1980; NRC, 1989). A absorção de P pode ser prejudicada pelo Mg, Al e Fe que formam precipitados fosfatados no trato gastrintestinal. Também o excesso de Mo e Cu interferem diretamente na absorção de P (McDowell, 1992). Um excesso de P ingerido não aumenta a absorção deste mineral (AFRC, 1991).

O AFRC (1991) faz referência a variações na absorção de P de forragens e concentrados, e do teor destes nesses alimentos, relatando ser mais alto o coeficiente de absorção do P nos concentrados. Dessa forma, esse comitê relacionou a disponibilidade com a metabolizabilidade (q) da dieta (q = energia metabolizável/energia bruta), adotando valores de 58%, para q < 0,70 e de 70%, para q > 0,70.

Os resultados observados na literatura, normalmente apontam para um coeficiente de absorção de P entre 0,55 e 0,80 (Tabela 11). Os resultados obtidos a nível nacional ainda apresentam-se pouco consistentes, de forma que a recomendação da utilização de um coeficiente de absorção de 0,68, sugerida na edição anterior do BR-CORTE, deve ser mantida, até porque esse coeficiente representa aproximadamente um valor médio dos resultados obtidos no Brasil.

Magnésio

Segundo o NRC (2000), o rúmen é o principal local de absorção de Mg em ruminantes. Contudo, a absorção de Mg é maior em animais jovens alimentados com leite, mas diminui com o avanço da idade (Peeler, 1972). Alguns autores relataram que o aumento dos níveis dietéticos de K em ruminantes resultou em maior fluxo de Mg no duodeno proximal, reduzindo, conseqüentemente, a disponibilidade de Mg no trato gastrintestinal (Greene et al., 1988; Khorasani & Armstrong, 1990).

Fontenot et al. (1989) relataram que a utilização de magnésio pelos ruminantes é afetada por alguns componentes da dieta, principalmente através de alterações na absorção. Um elevado nível de K na dieta geralmente leva a uma depressão do nível de Mg no soro sanguíneo, ocasionado por um decréscimo na absorção de Mg. Segundo Greene et al. (1983), essa depressão na absorção de Mg ocorre com níveis de K superiores a 2,25% do total da dieta. Fontenot et al. (1989) também sugeriram que altas concentrações de nitrogênio na dieta, ácidos orgânicos e ácidos graxos de cadeia longa podem reduzir a absorção do magnésio. Segundo os mesmos autores, elevados níveis de P na dieta podem reduzir a absorção de Mg, por

competirem por sítios de absorção. Por outro lado, a suplementação de carboidratos tende a aumentar a absorção de Mg, verificada por meio da concentração de Mg no plasma sanguíneo (Madsen et al., 1976).

O ARC (1980) relatou valores de absorção verdadeira de magnésio variando de 0,10 a 0,37 em animais alimentados com feno. Segundo Peeler (1972), o Mg nos alimentos concentrados é mais disponível do que em forragens. Conforme pode ser observado na Tabela 11, os coeficientes de absorção de Mg encontrados na literatura são bastante variáveis, especialmente aqueles oriundos de trabalhos desenvolvidos em condições brasileiras. Dessa forma, sugere-se a utilização do valor de 0,16, como coeficiente de absorção verdadeiro do Mg, obtido como sendo o coeficiente de retenção do Mg em trabalho realizado com novilhas Nelore em crescimento (Figura 3). Este valor é próximo ao adotado na edição anterior do BR-CORTE, de 0,17.

É necessário o desenvolvimento de novos trabalhos no Brasil envolvendo a determinação desse coeficiente e os fatores que o afetam, com quantificação para as variações que ocorrem, especialmente entre diferentes tipos de dietas, de forma que se possa recomendar a utilização de coeficientes variáveis, o que tornaria a formulação das dietas mais acurada.

Sódio

A absorção de sódio se dá de forma mais ativa na parte inferior do intestino, e o Na dietético pode ser completamente absorvido, se estiver na forma livre. A absorção desse elemento mineral é alta, de forma que pouco sódio é excretado nas fezes, sendo adotada pelo ARC (1980) uma eficiência de absorção de Na de 0,91. O NRC (2001) considera que o coeficiente de absorção de Na nas forragens é de 0,81, enquanto que na forma de NaCl todo o sódio é absorvido.

Os dados de experimentos realizados no Brasil apresentam alta variabilidade no coeficiente de absorção do Na observado (Tabela 11). Em função disso, e de não haverem estudos específicos para a eficiência de absorção deste mineral em condições brasileiras, sugere-se a adoção do valor de 0,91, recomendado pelo ARC (1980), e também adotado na edição anterior do BR-CORTE (Valadares Filho et al., 2006).

Potássio

A absorção do potássio nos ruminantes é extensa, ocorrendo desde o rúmen até o intestino delgado (Underwood & Suttle, 1999). O potássio presente nos alimentos existe como íon simples, que normalmente é liberado para a matriz líquida no lúmen intestinal do trato digestivo, ficando prontamente disponível para absorção (Emanuele & Staples, 1990; Ledoux & Martz, 1991).

Como o K é excretado basicamente na urina, a disponibilidade aparente (absorção aparente) é um critério confiável para estimar a eficiência de absorção de K (NRC, 2001). O ARC (1980) recomenda um coeficiente de absorção de K de 1,00. Ezequiel (1987) obteve um coeficiente de absorção verdadeira de K acima de 1,00 para animais Nelore.

A média da absorção aparente do potássio em oito forrageiras para a alimentação de bovinos e ovinos foi de 0,85 (Miller, 1975). O potássio de origem inorgânica, como cloreto de potássio, carbonato de potássio, sulfato de potássio, acetato de potássio, bicarbonato, fosfato de potássio dibásico e monocitrato de potássio, está prontamente disponível para absorção, tendo um coeficiente de absorção de 1,00 (Peeler, 1972; Miller, 1975). O NRC (2001) recomenda, a partir destas observações, um coeficiente médio de absorção de K de 0,90 para todos os tipos de alimentos e de fontes minerais.

Em função dos resultados encontrados na literatura, e da variabilidade obtida para animais criados em condições brasileiras (Tabela 11), sugere-se, da mesma forma que na edição anterior do BR-CORTE (Valadares Filho et al., 2006), a adoção de um coeficiente de absorção do K de 1,00.

CORO, ENXOFRE E MICROMINERAIS

Cloro

O cloro (Cl) é o principal ânion presente no fluido extracelular animal. Este mineral é necessário para a formação de ácido clorídrico no suco gástrico e para a ativação da amilase. Assim como o sódio, também está envolvido na manutenção da pressão osmótica, controle do balanço hídrico e regulação do equilíbrio ácido-base (Underwood, 1981).

As exigências de Cloro para manutenção em bovinos de corte não são bem definidas (Underwood & Suttle, 1999) e deficiências de cloro não parecem prováveis em condições práticas (NRC, 2000). Não são disponíveis na literatura informações sobre perdas endógenas de cloro, porém o ARC (1980) considera que é possível que haja uma perda urinária inevitável, da mesma forma que acontece com o sódio.

O ARC (1980) estimou as exigências dietéticas diárias de bovinos de corte com ganho de 1,0 kg/dia como sendo de 0,7 g por kg de matéria seca consumida. Uma vez que não existem trabalhos de determinação das exigências de cloro realizados no Brasil, sugere-se que o valor apresentado pelo ARC (1980) seja utilizado.

Enxofre

As funções do enxofre (S) no organismo animal são tão diversas como as proteínas das quais faz parte, ligado aos chamados aminoácidos sulfurosos. Este mineral está presente em todos os tecidos protéicos do organismo, representando cerca de 0,5 a 2,0% desses tecidos. Os aminoácidos sulfurosos mais conhecidos são a metionina, cistina, cisteína e taurina. Ruminantes apresentam particularidades na utilização do enxofre, uma vez que possuem uma população microbiana capaz de incorporar fontes inorgânicas de enxofre na forma de proteína microbiana (Underwood & Suttle, 1999).

O enxofre é também utilizado para a proteção dos animais ao excesso de cobre, cádmio, zinco e outros, protegendo os tecidos da intoxicação por estes minerais no caso de elevada ingestão dos mesmos (Underwood & Suttle, 1999).

A maioria das bactérias do rúmen é capaz de sintetizar aminoácidos sulfurosos, de forma que o enxofre suplementado na dieta pode ser na forma inorgânica. O enxofre é encontrado nos alimentos na forma associada a proteínas, levando a maiores teores de enxofre em concentrados protéicos, porém, a maioria das dietas utilizadas na prática oferece suprimento adequado de enxofre (NRC, 2000).

As exigências de enxofre para gado de corte não são bem definidas. A concentração recomendada em dietas de bovinos de corte é de 0,15% da matéria seca da dieta (NRC, 2000), havendo maiores necessidades desse mineral para animais em pastagens de sorgo. O ARC (1980) elaborou recomendações de enxofre baseadas nas necessidades da microbiota ruminal. Se fontes de nitrogênio não protéico são adicionadas à dieta, uma suplementação com enxofre também é necessária, na proporção de 0,067% do N suplementado.

Sugere-se a adoção da exigência dietética de 0,15% de enxofre na matéria seca da dieta para condições brasileiras, onde ainda não foram encontrados estudos para determinação das exigências nutricionais de enxofre.

Microminerais

Embora presentes no organismo animal em quantidades muito pequenas, os microminerais apresentam importantes funções, atuando principalmente como catalisadores de sistemas enzimáticos e hormonais. Underwood & Suttle (1999) fizeram uma ampla discussão a respeito das características dietéticas, exigências nutricionais, metabolismo, deficiências e toxicidade de cada um dos microminerais essenciais para bovinos.

Uma vez que não existem trabalhos para a determinação das exigências de microminerais para bovinos no Brasil, sugere-se, da mesma forma que na edição anterior do BR-CORTE (Valadares Filho et al., 2006), que os requerimentos de elementos microminerais sejam estimados de acordo com o NRC (2000):

Cobalto (mg/dia) = consumo de matéria seca (kg) x 0,1

Cobre (mg/dia) = consumo de matéria seca (kg) x 10,0

Iodo (mg/dia) = consumo de matéria seca (kg) x 0,5

Ferro (mg/dia) = consumo de matéria seca (kg) x 50,0

Manganês (mg/dia) = consumo de matéria seca (kg) x 20,0

Selênio (mg/dia) = consumo de matéria seca (kg) x 0,1

Zinco (mg/dia) = consumo de matéria seca (kg) x 30,0

TOXICIDADE

Alguns elementos inorgânicos fornecidos em elevadas quantidades podem causar uma série de danos aos bovinos. Para a formulação de rações, recomenda-se que níveis máximos de elementos minerais na dieta sejam fixados como 120% das exigências, de forma a garantir um equilíbrio de minerais na dieta, não prejudicar a absorção e utilização dos mesmos e evitar perdas desnecessárias. Porém, em condições práticas, nem sempre é possível este equilíbrio. Dessa forma, são apresentados na Tabela 12 os valores tóxicos de elementos minerais obtidos da literatura.

Tabela 12 - Níveis tóxicos de minerais para bovinos de corte

Mineral	Níveis tóxicos
<i>Macrominerais</i>	
Cálcio ¹	4,4% da MS
Magnésio ¹	0,4% da MS
Potássio ¹	3,0% da MS
Sódio ¹	6,5% da MS
Enxofre ¹	0,4% da MS
<i>Microminerais</i>	
Cromo ²	50 mg/kg de MS
Manganês ²	1,0 g/kg de MS
Iodo ²	50 mg/kg de PC
Cobre ³	115 mg/kg de MS
Flúor ³	30 mg/kg de MS
Molibdênio ³	6,0 mg/kg de MS
Selênio ³	5,0 mg/kg de MS
Zinco ³	0,5 g/kg de MS
Cobalto ²	1,0 mg/kg de PC
Vanádio ²	30 mg/kg de MS

¹NRC (2000); ²McDonald et al. (2002); ³McDowell (1992).

CONSIDERAÇÕES SOBRE AS EXIGÊNCIAS DE MINERAIS DE ANIMAIS EM PASTEJO OU EM CONDIÇÕES TROPICAIS

Alterações nas exigências nutricionais de bovinos em função do sistema de criação parecem estar muito mais relacionadas às exigências de energia e proteína do que de elementos minerais, uma vez que, sugere-se que não exista nenhuma exigência mineral específica para o trabalho físico (Underwood, 1981).

Animais em pastejo desempenham maior trabalho físico, ou seja, possuem uma demanda maior de atividade muscular em função da movimentação necessária para busca dos alimentos, muitas vezes realizada em terrenos inclinados. É sabido que o Ca e P são necessários na atividade muscular, e embora haja um intenso metabolismo desses minerais durante este tipo de atividade (Scott, 1988), não existem evidências do aumento da exigência destes minerais nessas condições. Nenhuma mudança no equilíbrio de Ca e P foi observada em animais realizando trabalho agrícola leve, médio ou pesado, em relação à animais que não realizaram este tipo de trabalho (Harvey et al., 1943).

Segundo Aitken (1975), citado pelo ARC (1980), animais criados em condições tropicais possuem maior exigência de Na para manutenção em função das perdas pela pele serem maiores do que para animais em condições de clima temperado, de forma que deve haver um acréscimo de 1,0 g/dia para as exigências de sódio em condições tropicais, para um bovino de 500 kg. O mesmo autor relata que perdas de Na pela saliva são desprezíveis, exceto para bovinos não aclimatados criados em condições tropicais, onde a perda de Na via saliva é de 1,4 g/dia para cada 100 kg de peso corporal. Também de acordo com o mesmo autor, bovinos criados em condições tropicais possuem maior exigência de cloro para manutenção, em função das perdas pela pele e saliva, sendo sugerida uma exigência de cloro de 1,6 g/dia para um bovino de 500 kg criado em condições tropicais, exposto aproximadamente 7 horas por dia a uma temperatura de 40°C e umidade relativa do ar de 90%, condições essas possíveis de serem observadas em animais em pastejo. Para as perdas via saliva, a recomendação é de 0,9 g/dia para cada 100 kg de peso corporal.

TABELAS BRASILEIRAS DE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE MINERAIS PARA BOVINOS DE CORTE

Um resumo das equações utilizadas para o cálculo das exigências diárias de macrominerais para bovinos de corte em condições brasileiras é apresentado na Tabela 13. A Tabela 14 apresenta as exigências dietéticas para manutenção de Ca, P, Mg, Na e K, enquanto as Tabelas 15, 16, 17, 18 e 19 apresentam respectivamente, as exigências dietéticas totais de Ca, P, Mg, Na e K para bovinos Nelore puros e cruzados de diferentes pesos e taxas de ganho de peso.

Tabela 13 - Resumo das equações utilizadas para o cálculo das exigências diárias de macrominerais para bovinos de corte no Brasil

Mineral	Exigência líquida para manutenção	Exigência líquida do mineral para ganho (ELG)	Coefficiente de absorção
Ca	15,4 mg/kgPC	$ELG_{Ca} (g) = GPCVZ \times (102 \times PCVZ_{eq}^{-0,40})$	0,55
P	17,6 mg/kgPC	$ELG_P (g) = GPCVZ \times (29,8 \times PCVZ_{eq}^{-0,29})$	0,68
Mg	3,3 mg/kgPCVZ	Nelore $ELG_{Mg} (mg) = 333,3 \times GPCVZ$ Cruzados $ELG_{Mg} (mg) = 339,6 \times GPCVZ$	0,16
Na	7,0 mg/kgPCVZ	Nelore MI e MC $ELG_{Na} (g) = 1,5243 \times GPCVZ$ FE $ELG_{Na} (g) = 1,3503 \times GPCVZ$ Cruzados MI e MC $ELG_{Na} (g) = 1,4388 \times GPCVZ$ FE $ELG_{Na} (g) = 1,2511 \times GPCVZ$	0,91
K	Fecal = 2,6 g/kgCMS Urinária = 37,5 mg/kgPC Salivar = 0,7 g/100kgPC Pele ¹ (g) = 0,7 + 0,002 x PC	$ELG_K (g) = GPCVZ \times (0,29 \times PCVZ_{eq}^{0,38})$	1,00
Equações complementares			
PCJ = 0,96 × PC			
PCVZ = 0,895 × PCJ (Confinamento)			
PCVZ = 0,863 × PCJ (Pastejo)			
PCVZ _{eq} = [(PCVZ / 430) × 440] (Nelore)			
PCVZ _{eq} = [(PCVZ / 455) × 440] (Cruzados)			
GPCVZ = 0,936 × GMD (Nelore confinamento)			
GPCVZ = 0,966 × GMD (Cruzados confinamento)			
GPCVZ = 0,955 × GMD (Pastejo)			

¹Estimado com base nos dados apresentados pelo ARC (1980).

Dessa forma, como exemplo, supondo um animal Nelore inteiro de 400 kg, ganhando 1 kg/dia em confinamento, pode-se calcular as exigências dietéticas de Ca, P, Mg, Na e K da seguinte forma:

Cálcio:

- Manutenção = 15,4 × PC = 15,4 × 400 = 6160 mg ou 6,16 g/dia
- PCJ = 0,96 × PC = 400 × 0,96 = 384 kg
- PCVZ = 0,895 × PCJ = 0,895 × 384 = 343,7 kg
- PCVZ_{eq} = (PCVZ / 430 × 440) = (343,7 / 430 × 440) = 351,7 kg
- GPCVZ = 0,936 × GMD = 0,936 × 1 = 0,936 kg/dia
- Ganho de peso = GPCVZ × (102 × PCVZ_{eq}^{-0,40}) = 0,936 × (102 × 351,7^{-0,40}) = 9,15 g/dia
- Exig. líquida total = manutenção + ganho de peso = 6,16 + 9,15 = 15,31 g/dia
- Exig. dietética total = exig. líquida total / absorção = 15,31 / 0,55 = **27,84 g/dia**

Fósforo:

- Manutenção = 17,6 × PC = 17,6 × 400 = 7040 mg ou 7,04 g/dia
- Ganho de peso = GPCVZ × (29,8 × PCVZ_{eq}^{-0,29}) = 0,936 × (29,8 × 351,7^{-0,29}) = 5,09 g/dia
- Exig. líquida total = manutenção + ganho de peso = 7,04 + 5,09 = 12,13 g/dia
- Exig. dietética total = exig. líquida total / absorção = 12,13 / 0,68 = **17,84 g/dia**

Magnésio:

- Manutenção = 3,3 × PCVZ = 3,3 × 343,7 = 1134 mg ou 1,134 g/dia
- Ganho de peso = 333,3 × GPCVZ = 333,3 × 0,936 = 312 mg ou 0,312 g/dia
- Exig. líquida total = manutenção + ganho de peso = 1,134 + 0,312 = 1,446 g/dia
- Exig. dietética total = exig. líquida total / absorção = 1,446 / 0,16 = **9,04 g/dia**

Sódio:

- $\text{Manutenção} = 7,0 \times \text{PCVZ} = 7,0 \times 343,7 = 2406 \text{ mg ou } 2,41 \text{ g/dia}$
- $\text{Ganho de peso} = 1,5243 \times \text{GPCVZ} = 1,5243 \times 0,936 = 1,43 \text{ g/dia}$
- $\text{Exig. líquida total} = \text{manutenção} + \text{ganho de peso} = 2,41 + 1,43 = 3,84 \text{ g/dia}$
- $\text{Exig. dietética total} = \text{exig. líquida total} / \text{absorção} = 3,84 / 0,91 = \mathbf{4,22 \text{ g/dia}}$

Potássio:

- $\text{Manutenção} = \text{Fecal} = 2,6 \text{ g} \times \text{CMS (kg)} = 2,6 \times 8,20^1 = 21,32 \text{ g/dia}$
- $\text{Urinária} = 37,5 \text{ mg} \times \text{PC} = 37,5 \times 400 = 15000 \text{ mg ou } 15 \text{ g/dia}$
- $\text{Salivar} = 0,7 \text{ g} / 100 \times \text{PC} = 0,7 / 100 \times 400 = 2,8 \text{ g/dia}$
- $\text{Pele} = 0,7 + 0,002 \times \text{PC} = 0,7 + 0,002 \times 400 = 1,5 \text{ g/dia}$
- $\text{Manutenção total} = 21,32 + 15 + 2,8 + 1,5 = 40,62 \text{ g/dia}$
- $\text{Ganho de peso} = \text{GPCVZ} \times (0,29 \times \text{PCVZ}_{\text{eq}}^{0,38}) = 0,936 \times (0,29 \times 351,7^{0,38}) = 2,52 \text{ g/dia}$
- $\text{Exig. líquida total} = \text{manutenção} + \text{ganho de peso} = 40,62 + 2,52 = 43,14 \text{ g/dia}$
- $\text{Exig. dietética total} = \text{exig. líquida total} / \text{absorção} = 43,14 / 1,00 = \mathbf{43,14 \text{ g/dia}}$

Tabela 14 - Exigências dietéticas, em g/dia, de cálcio (Ca), fósforo (P), magnésio (Mg), sódio (Na) e potássio (K), para manutenção de animais zebuínos e cruzados de diferentes pesos e taxas de ganho de peso

Ganho de peso (kg/dia)	Peso corporal (kg)					
	200	250	300	350	400	450
	Cálcio					
Qualquer	5,60	7,00	8,40	9,80	11,20	12,60
	Fósforo					
Qualquer	5,18	6,47	7,76	9,06	10,35	11,65
	Magnésio					
Qualquer	3,54	4,43	5,32	6,20	7,09	7,97
	Sódio					
Qualquer	1,32	1,65	1,98	2,31	2,64	2,97
	Potássio (Nelore)					
0,50	20,01	24,48	28,85	33,13	37,34	41,50
0,75	21,92	26,39	30,76	35,04	39,26	43,41
1,00	23,29	27,76	32,13	36,41	40,62	44,78
1,25	24,11	28,58	32,95	37,23	41,44	45,60
1,50	24,38	28,85	33,22	37,50	41,72	45,87
	Potássio (Cruzados)					
0,50	20,00	24,49	28,86	33,16	37,39	41,55
0,75	21,80	26,29	30,67	34,96	39,19	43,35
1,00	23,16	27,64	32,02	36,32	40,55	44,71
1,25	24,08	28,56	32,94	37,24	41,46	45,63
1,50	24,55	29,04	33,42	37,71	41,94	46,11

Tabela 15 - Exigências dietéticas totais (manutenção + ganho) de cálcio (g/dia) para bovinos Nelore puros e cruzados em diferentes pesos corporais e taxas de ganho de peso

GMD (kg/dia)	Peso corporal (kg)					
	200	250	300	350	400	450
	Nelore (confinamento)					
0,50	16,58	17,04	17,73	18,57	19,52	20,54
0,75	22,06	22,06	22,40	22,96	23,68	24,50
1,00	27,55	27,08	27,07	27,35	27,84	28,47
1,25	33,04	32,10	31,73	31,74	32,00	32,44
1,50	38,53	37,12	36,40	36,12	36,15	36,41
	Cruzados (confinamento)					
0,50	17,19	17,60	18,25	19,06	19,98	20,98
0,75	22,98	22,90	23,18	23,69	24,37	25,17
1,00	28,77	28,19	28,10	28,33	28,76	29,35
1,25	34,57	33,49	33,03	32,96	33,15	33,54
1,50	40,36	38,79	37,96	37,59	37,54	37,73
	Nelore (pastejo)					
0,50	16,96	17,39	18,06	18,88	19,81	20,82
0,75	22,64	22,59	22,89	23,43	24,12	24,92
1,00	28,33	27,79	27,72	27,97	28,42	29,03
1,25	34,01	32,98	32,55	32,51	32,73	33,14
1,50	39,69	38,18	37,39	37,05	37,03	37,25

Tabela 16 - Exigências dietéticas totais (manutenção + ganho) de fósforo (g/dia) para bovinos Nelore puros e cruzados em diferentes pesos corporais e taxas de ganho de peso

GMD (kg/dia)	Peso corporal (kg)					
	200	250	300	350	400	450
	Nelore (confinamento)					
0,50	9,76	10,76	11,84	12,95	14,10	15,27
0,75	12,05	12,91	13,87	14,90	15,97	17,08
1,00	14,34	15,06	15,91	16,85	17,84	18,89
1,25	16,63	17,20	17,94	18,79	19,72	20,70
1,50	18,92	19,35	19,98	20,74	21,59	22,51
	Cruzados (confinamento)					
0,50	9,98	10,97	12,04	13,14	14,28	15,45
0,75	12,38	13,23	14,17	15,19	16,25	17,34
1,00	14,79	15,48	16,31	17,23	18,21	19,24
1,25	17,19	17,73	18,44	19,27	20,18	21,14
1,50	19,59	19,98	20,58	21,31	22,14	23,04
	Nelore (pastejo)					
0,50	9,90	10,90	11,96	13,07	14,22	15,38
0,75	12,26	13,11	14,06	15,08	16,15	17,25
1,00	14,62	15,32	16,16	17,09	18,08	19,11
1,25	16,98	17,54	18,26	19,10	20,01	20,98
1,50	19,34	19,75	20,36	21,10	21,94	22,85

Tabela 17 - Exigências dietéticas totais (manutenção + ganho) de magnésio (g/dia) para bovinos Nelore puros e cruzados em diferentes pesos corporais e taxas de ganho de peso

GMD (kg/dia)	Peso corporal (kg)					
	200	250	300	350	400	450
	Nelore (confinamento)					
0,50	4,52	5,41	6,29	7,18	8,06	8,95
0,75	5,01	5,89	6,78	7,66	8,55	9,44
1,00	5,49	6,38	7,27	8,15	9,04	9,92
1,25	5,98	6,87	7,75	8,64	9,53	10,41
1,50	6,47	7,35	8,24	9,13	10,01	10,90
	Cruzados (confinamento)					
0,50	4,57	5,46	6,34	7,23	8,11	9,00
0,75	5,08	5,97	6,85	7,74	8,63	9,51
1,00	5,59	6,48	7,37	8,25	9,14	10,02
1,25	6,11	6,99	7,88	8,77	9,65	10,54
1,50	6,62	7,51	8,39	9,28	10,16	11,05
	Nelore (pastejo)					
0,50	4,41	5,27	6,12	6,98	7,83	8,68
0,75	4,91	5,76	6,62	7,47	8,33	9,18
1,00	5,41	6,26	7,12	7,97	8,82	9,68
1,25	5,90	6,76	7,61	8,47	9,32	10,18
1,50	6,40	7,26	8,11	8,96	9,82	10,67

Tabela 18 - Exigências dietéticas totais (manutenção + ganho) de sódio (g/dia) para bovinos Nelore puros e cruzados em diferentes pesos corporais e taxas de ganho de peso

GMD (kg/dia)	Peso corporal (kg)					
	200	250	300	350	400	450
	Machos Nelore (confinamento)					
0,50	2,11	2,44	2,77	3,10	3,43	3,76
0,75	2,50	2,83	3,16	3,49	3,82	4,15
1,00	2,89	3,22	3,55	3,88	4,22	4,54
1,25	3,28	3,61	3,94	4,27	4,60	4,93
1,50	3,67	4,00	4,33	4,67	5,00	5,33
	Fêmeas Nelore (confinamento)					
0,50	2,02	2,35	2,68	3,01	3,34	3,67
0,75	2,36	2,69	3,02	3,35	3,69	4,02
1,00	2,71	3,04	3,37	3,70	4,03	4,36
1,25	3,06	3,39	3,72	4,05	4,38	4,71
1,50	3,41	3,74	4,07	4,40	4,73	5,06
	Machos cruzados (confinamento)					
0,50	2,09	2,42	2,75	3,08	3,41	3,74
0,75	2,47	2,80	3,13	3,46	3,79	4,12
1,00	2,85	3,18	3,51	3,84	4,17	4,50
1,25	3,23	3,56	3,89	4,22	4,55	4,88
1,50	3,61	3,94	4,27	4,60	4,93	5,27
	Fêmeas cruzadas (confinamento)					
0,50	1,97	2,30	2,63	2,96	3,29	3,62
0,75	2,29	2,62	2,95	3,28	3,61	3,94
1,00	2,61	2,94	3,27	3,60	3,93	4,26
1,25	2,93	3,26	3,59	3,92	4,25	4,58
1,50	3,25	3,58	3,91	4,24	4,57	4,90
	Nelore (pastejo)					
0,50	2,07	2,39	2,71	3,03	3,35	3,67
0,75	2,47	2,79	3,11	3,43	3,75	4,07
1,00	2,87	3,19	3,51	3,83	4,15	4,47
1,25	3,27	3,59	3,91	4,23	4,55	4,87
1,50	3,67	3,99	4,31	4,63	4,95	5,27

Tabela 19 - Exigências dietéticas totais (manutenção + ganho) de potássio (g/dia) para bovinos Nelore puros e cruzados em diferentes pesos corporais e taxas de ganho de peso

GMD (kg/dia)	Peso corporal (kg)					
	200	250	300	350	400	450
	Nelore (confinamento)					
0,50	20,98	25,53	29,98	34,33	38,60	42,82
0,75	23,37	27,97	32,45	36,84	41,15	45,39
1,00	25,22	29,87	34,38	38,80	43,14	47,41
1,25	26,53	31,21	35,77	40,22	44,59	48,89
1,50	27,28	32,01	36,61	41,09	45,49	49,82
	Cruzados (confinamento)					
0,50	20,98	25,55	30,01	34,37	38,66	42,88
0,75	23,27	27,88	32,38	36,77	41,09	45,35
1,00	25,11	29,77	34,31	38,74	43,09	47,37
1,25	26,52	31,22	35,79	40,26	44,64	48,96
1,50	27,49	32,23	36,84	41,34	45,76	50,10
	Nelore (pastejo)					
0,50	20,98	25,54	29,98	34,33	38,61	42,82
0,75	23,38	27,98	32,46	36,85	41,16	45,40
1,00	25,24	29,88	34,40	38,82	43,16	47,43
1,25	26,54	31,23	35,79	40,24	44,61	48,91
1,50	27,30	32,03	36,63	41,12	45,52	49,85

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AFRC - Agricultural and Food Research Council. A reappraisal of the calcium and phosphorus requirements of sheep and cattle (Report 6). **Nutrition Abstracts and Reviews**, v.61, n.9, p.573-612, 1991.
- AFRC. **Energy and Protein Requirements of Ruminants**. Wallingford, UK: Agricultural and Food Research Council. CAB International, 1993. 159p.
- ALLSOP, T.F.; ROOK, J.A. Faecal magnesium output and plasma Mg concentration in sheep. **Proceedings of Nutrition Society**, v.31, n.2, p.65A-66A, 1972.
- ARAÚJO, G.G.L.; COELHO DA SILVA, J.F.; VALADARES FILHO, S.C., et al. Consumo e absorção aparente de macroelementos minerais, em bezerros alimentados com dietas contendo diferentes níveis de volumoso. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.6, p.1824-1828, 2001.
- ARC - Agricultural Research Council. **The Nutrient Requirements of Ruminant Livestock**. London: Agricultural Research Council. The Gresham Press, 1980. 351p.
- ARC - Agricultural Research Council. **The Nutrient Requirements of Farm Livestock**. London, UK: Agricultural Research Council, 1965. 264p.
- BLANEY, J.; GARTNER, J.W.; HEAD, T.A. The effects of oxalate in tropical grasses on calcium, phosphorus and magnesium availability to cattle. **Journal of Agricultural Science**, v.99, n.3, p.533-539, 1982.
- BLOCK, H.C.; ERICKSON, G.E.; KLOPFENSTEIN, T.J. Review: re-evaluation of phosphorus requirements and phosphorus retention of feedlot cattle. **Professional Animal Scientist**, v.20, n.4, p.319-329, 2004.
- BOIN, C. Exigências de minerais pelas categorias do rebanho bovino e funções desses nutrientes. In: PEIXOTO, A.M.(Ed). **Nutrição de bovinos: conceitos básicos e aplicados**. Piracicaba: FEALQ, 1993. p.407-450.

- BRAITHWAITE, G.D. Endogenous faecal loss of calcium by ruminants. **Journal of Agricultural Science**, v.99, n.2, p.355-358, 1982.
- CALL, J.W.; BUTCHER, J.E.; BLAKE, J.T., et al. Phosphorus influence on growth and reproduction of beef cattle. **Journal of Animal Science**, v.47, n.1, p.216-225, 1978.
- CAST - Council for Agricultural Science and Technology. **Animal diet modification to decrease the potential for nitrogen and phosphorus pollution**. Council for Agricultural Science and Technology, 2002. p.16.
- CHEEKE, P. R. **Applied animal nutrition: feeds and feeding**. 3.ed. Upper Saddle River, NJ: Pearson Education Inc., 2005. 604p.
- CHIZZOTTI, M.L.; VALADARES FILHO, S.C.; TEDESCHI, L.O., et al. Net requirements of calcium, magnesium, sodium, phosphorus, and potassium for growth of Nelore×Red Angus bulls, steers, and heifers. **Livestock Science**, v.124, n.1, p.242-247, 2009.
- COELHO DA SILVA, J.F. Inorganic macronutrient requirements in cattle: The ARC/AFRC system and the Brazilian experience. In: Proceedings of International Symposium on the Nutritional Requirements of Ruminants, 1995, Viçosa, Brazil. **Anais**. Viçosa, Brazil: JARD, 1995. p.311-345.
- COELHO DA SILVA, J.F. Exigências de macroelementos inorgânicos para bovinos: o sistema ARC/AFRC e a experiência no Brasil. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE RUMINANTES, 1995, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1995. p.467-504.
- COELHO DA SILVA, J.F.; LEÃO, M.I. **Fundamentos da Nutrição dos Ruminantes**. Livroceres, 1979. 380p.
- COELHO DA SILVA, J.F.; VALADARES FILHO, S.C.; LEÃO, M.I., et al. Efeito da monensina sódica e da uréia sobre o consumo, parâmetros ruminais, digestibilidade aparente e balanço nutricional em bovinos. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.20, n.5, p.454-470, 1991.
- CSIRO - Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization. **Nutrient Requirements of Domesticated Ruminants**. Collingwood, VIC: Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, 2007. 270p.
- DeLUCA, H.F. The vitamin D system in the regulation of calcium and phosphorus metabolism. **Nutrition Reviews**, v.37, n.6, p.161-193, 1979.
- EMANUELE, S.M.; STAPLES, C.R. Ruminal release of minerals from six forage species. **Journal of Animal Science**, v.68, n.7, p.2052-2060, 1990.
- ERICKSON, G.E.; KLOPFENSTEIN, T.J.; MILTON, C.T., et al. Effect of dietary phosphorus on finishing steer performance, bone status, and carcass maturity. **Journal of Animal Science**, v.77, n.10, p.2832-2836, 1999.
- ERICKSON, G.E.; KLOPFENSTEIN, T.J.; MILTON, C.T., et al. Phosphorus requirement of finishing feedlot calves. **Journal of Animal Science**, v.80, n.6, p.1690-1695, 2002.
- EZEQUIEL, J.M.B., **Exigências de proteína e minerais de bovídeos: frações endógenas**. 1987. 131p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1987.
- FIELD, A.C. A review of requirements of dairy and beef cattle for major elements. **Livestock Production Science**, v.10, n.4, p.327-338, 1983a.
- FIELD, A.C. Maintenance requirements of phosphorus and absorbability of dietary phosphorus in sheep. **Journal of Agricultural Science**, v.100, n.1, p.231-233, 1983b.
- FONTENOT, J.P.; ALLEN, V.G.; BUNCE, G.E., et al. Factors influencing magnesium absorption and metabolism in ruminants. **Journal of Animal Science**, v.67, p.3445-3455, 1989.
- FONTES, C.A.A. Body composition, net requirements of protein, energy and minerals for weight gain and productive performance of Zebu and crossbred European-Zebu cattle. Experimental results. In: Proceedings of International Symposium on the Nutritional Requirements of Ruminants, 1995, Viçosa, MG, Brazil. **Anais**. Viçosa, MG, Brazil: JARD, 1995. p.265-299.

- GALYEAN, M.L.; GLEGHORN, J.F. **Summary of the 2000 Texas Tech University consulting nutritionist survey.** (Disponível em: http://www.depts.ttu.edu/afs/burnett_center/progress_reports/bc12.pdf. Acesso em 30/04/2010): Texas Tech University, 2001. p.1-9.
- GIONBELLI, M.P., **Desempenho produtivo e exigências nutricionais de fêmeas Nelore em crescimento.** 2010 (no prelo). 101p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2010.
- GREENE, L.W.; MAY, B.J.; SCHELLING, G.T., et al. Site and extent of apparent magnesium and calcium absorption in steers fed monensin. **Journal of Animal Science**, v.66, n.11, p.2987-2991, 1988.
- GREENE, L.W.; WEBB, K.E., JR.; FONTENOT, J.P. Effect of potassium level on site of absorption of magnesium and other macroelements in sheep. **Journal of Animal Science**, v.56, n.5, p.1214-1221, 1983.
- HANSARD, S.L.; COMAR, C.L.; PLUMLEE, M.P. The effects of age upon calcium utilization and maintenance requirements in the bovine. **Journal of Animal Science**, v.13, n.1, p.25-26, 1954.
- HANSARD, S.L.; CROWDER, H.M.; LYKE, W.A. The Biological Availability of Calcium in Feeds for Cattle. **Journal of Animal Science**, v.16, n.2, p.437-443, 1957.
- HANSARD, S.L.; PLUMLEE, M.P. Effects of Dietary Calcium and Phosphorus Levels upon the Physiological Behavior of Calcium and Phosphorus in the Rat. **Journal of Nutrition**, v.54, n.1, p.17-31, 1954.
- HARVEY, A.L.; THOMAS, B.H.; CULBERTSON, C.C., et al. Effect of work on the calcium and phosphorus retention of percheron geldings. **Journal of Animal Science**, v.2, n.1, p.103-111, 1943.
- HUTCHESON, D.P.; COLE, N.A. Management of transit-stress syndrome in cattle: nutritional and environmental effects. **Journal of Animal Science**, v.62, n.2, p.555-560, 1986.
- KHORASANI, G.R.; ARMSTRONG, D.G. Effect of sodium and potassium level on the absorption of magnesium and other macrominerals in sheep. **Livestock Production Science**, v.24, n.3, p.223-235, 1990.
- LALMAN, D. L. Vitamin and mineral nutrition of grazing cattle. In: DOYE, D.; LALMAN, D.L. (Ed). **Beef cattle manual.** 5.ed. Stillwater, OK: Oklahoma State University, 2005. p.109-121.
- LEDOUX, D.R.; MARTZ, F.A. Ruminal solubilization of selected macrominerals from forages and diets. **Journal of Dairy Science**, v.74, n.5, p.1654-1661, 1991.
- LOMBA, F.; PAQUAY, R.; BIENFET, A., et al. Statistical research on the fate of dietary mineral elements in dry and lactating cows III. Phosphorus. **Journal of Agricultural Science**, v.73, n.2, p.215-222, 1969.
- MADSEN, F.C.; LENTZ, D.E.; MILLER, J.K., et al. Dietary carbohydrate effects upon magnesium metabolism in sheep. **Journal of Animal Science**, v.42, n.5, p.1316-1322, 1976.
- MARCONDES, M.I.; VALADARES FILHO, S.C.; PAULINO, P.V.R., et al. Exigências nutricionais de proteína, energia e macrominerais de bovinos Nelore de três classes sexuais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.8, p.1587-1596, 2009.
- MARSHALL, B.; LONG, M.I.E. Calcium intake and excretion of zebu cattle used for digestibility trials. **East African Agricultural and Forestry Journal**, v.37, n.1, p.46-48, 1971.
- MCDONALD, P.M.; EDWARDS, R.A.; GREENHALGH, J.F.D., et al. **Animal Nutrition.** Harlow, UK: Pearson, 2002. 693p.
- MCDOWELL, L.R. **Minerals in animal and human nutrition.** San Diego: Academic, 1992. 524p.
- MILLER, W.J. New concepts and developments in metabolism and homeostasis of inorganic elements in dairy cattle. A review. **Journal of Dairy Science**, v.58, n.10, p.1549-1560, 1975.

- MODIN-EDMAN, A.-K.; ÖBORN, I.; SVERDRUP, H. FARMFLOW - A dynamic model for phosphorus mass flow, simulating conventional and organic management of a Swedish dairy farm. **Agricultural Systems**, v.94, p.431-444, 2007.
- MORRIS, J.G. Assessment of sodium requirements of grazing beef cattle: a review. **Journal of Animal Science**, v.50, n.1, p.145-152, 1980.
- NRC – National Research Council. **Nutrient Requirements of Beef Cattle**. updated 7th.ed. Washington, DC: National Academy Press, 2000. 242p.
- NRC – National Research Council. **Nutrient Requirements of Beef Cattle**. 6th.ed. Washington, DC: National Academy Press, 1984.
- NRC – National Research Council. **Nutrient Requirements of Beef Cattle**. 7th.ed. Washington, DC: National Academy Press, 1996. 242p.
- NRC – National Research Council. **Nutrient Requirements of Dairy Cattle**. 7th.ed. Washington, DC: National Academy Press, 2001. 362p.
- NRC – National Research Council. **Nutrient Requirements of Dairy Cattle**. 6th.ed. Washington, DC: National Academy Press, 1989. 157p.
- OLTJEN, R.R. Fats for ruminants-utilization and limitations, including value of protected fats In: Georgia Nutrition Conference, 1975, University of Georgia. **Anais**. University of Georgia: Athens, 1975. p.31-40.
- O'ROURKE, E.M.; MICHAL, J.; KINCAID, R.L., et al. Use of fecal samples as a tool to monitor phosphorus excretion in lactating dairy cows. **Professional Animal Scientist**, v.23, n.5, p.536-540, 2007.
- PAULINO, P.V.R.; COSTA, M.A.L.; VALADARES FILHO, S.D.C., et al. Exigências nutricionais de zebuínos: minerais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, p.770-780, 2004.
- PEELER, H.T. Biological availability of nutrients in feeds: availability of major mineral ions. **Journal of Animal Science**, champaign, v.35, n.3, p.695-712, 1972.
- PFEFFER, E.; HRISTOV, A.N. **Nitrogen and Phosphorus Nutrition of Cattle: Reducing the Environmental Impact of Cattle Operations**. Cambridge, MA: CABI Publishing, 2005. 288p.
- ROSADO, M., **Efeito do complexo ácido graxo-cálcio sobre a digestibilidade aparente, alguns parâmetros ruminais e taxa de passagem em vacas lactantes**. 1991. 96p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1991.
- SCOTT, D. Control of phosphorus balance in ruminantes. In: DOBSON, A.; DOBSON, M.J. (Ed). **Aspects of Digestive Physiology in Ruminantes**. 1.ed. Ithaca, New York: Comstock Publishing Associates, 1988. p.156-174.
- SILVA, F.F.; VALADARES FILHO, S.C.; ÍTAVO, L.C.V., et al. Exigências Líquidas e Dietéticas de Energia, Proteína e Macroelementos Minerais de Bovinos de Corte no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.2, p.776-792, 2002.
- TERNOUTH, J.H.; BORTOLUSSI, G.; COATES, D.B., et al. The phosphorus requirements of growing cattle consuming forage diets. **Journal of Agricultural Science**, v.126, n.4, p.503-510, 1996.
- TILLMAN, A.D.; BRETHOUR, J.R.; HANSARD, S.L. Comparative procedures for measuring the phosphorus requirement of cattle. **Journal of Animal Science**, v.18, p.249-255, 1959.
- UNDERWOOD, E.J. **The mineral nutrition of livestock**. London: Academic press, 1981. 111p.
- UNDERWOOD, E.J.; SUTTLE, N.F. **The mineral nutrition of livestock**. 3.ed. London, UK: CABI Publishing, 1999. 614p.

- VALADARES FILHO, S.C.; COELHO DA SILVA, J.F.; LEÃO, M.I., et al. Absorções aparentes totais de parciais de sódio, potássio, magnésio, cobre e manganês em bovinos alimentados com ração purificada e semipurificada. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1991, João Pessoa. **Anais**. João Pessoa: SBZ, 1991.
- VALADARES FILHO, S.C.; MACHADO, P.A.S.; CHIZZOTTI, M.L., et al. **Tabela brasileira de alimentos para ruminantes**. Composição química-bromatológica de alimentos - CQBAL 3.0. 3.ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2010. Disponível em: <www.ufv.br/cqbal> Acesso em: 30/04/2010.
- VALADARES FILHO, S.C.; PAULINO, P.V.R.; MAGALHÃES, K.A. **Exigências nutricionais de zebuínos e tabelas de composição de alimentos - BR CORTE**. 1.ed. Viçosa, MG: Suprema Gráfica Ltda, 2006. 142p.
- VASCONCELOS, J.T.; TEDESCHI, L.O.; FOX, D.G., et al. Review: Feeding nitrogen and phosphorus in beef cattle feedlot production to mitigate environmental impacts. **Professional Animal Scientist**, v.23, n.1, p.8-17, 2007.
- WISEK, W.J.; MONROE, R.A.; SWANSON, E.W., et al. Determination of Endogenous Fecal Calcium in Cattle by a Simple Isotope Dilution Method. **Journal of Nutrition**, v.50, n.1, p.23-33, 1953.
- WARD, G.M. Potassium metabolism of domestic ruminants: A review. **Journal of Dairy Science**, v.49, n.3, p.268-276, 1966.