

Diferença cátion-aniônica da dieta no balanço de sódio, potássio, cloro e enxofre em ovinos

Catarina Abdalla Gomide*, Marcus Antonio Zanetti, Marilene De Vuono Camargo Penteado, Neli Marisa Azevedo Silva, Gustavo Ribeiro Del Claro e Arlindo Saran Netto

Departamento de Zootecnia, FZEA, Universidade de São Paulo. Rua Duque de Caxias Norte, 225, 13635-900, Pirassununga, São Paulo, Brasil. *Autor para correspondência. e-mail: cbgomide@usp.br

RESUMO. As diferenças no balanço cátion-aniônico de sódio, potássio, cloro e enxofre da dieta (BCAD) no balanço de minerais e na concentração sérica de sódio, potássio e cloro foram avaliados através de um ensaio de digestibilidade utilizando-se 16 carneiros machos, da raça Santa Inês, por um período de 26 dias, sendo 7 de adaptação. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com quatro tratamentos. Para a manipulação do BCAD foram adicionados cloreto de cálcio e bicarbonato de sódio, obtendo-se os seguintes tratamentos: -12; +30; +76 e +133 mEq/kg MS da ração. Verificou-se que a manipulação do BCAD interferiu no metabolismo de macrominerais em carneiros adultos.

Palavras-chave: BCAD, cloro, enxofre, potássio, sódio

ABSTRACT. Dietary cation-anion difference on sodium, potassium, chloride and sulfur in sheep. The dietary cation-anion balance (DCAB) differences in the sodium, potassium, chloride and sulfur mineral balance and serum concentration of sodium, potassium and chloride were evaluated of digestibility trial used in sixteen adult sheeps, from Santa Inês breed, during 26 days, being 7 days for adaptation. The design used was randomized complete blocks with four treatments. For DCAB manipulations were added calcium chloride and sodium bicarbonate in order to achieve the values: -12; + 30; +76 and +133 mEq/kg DM. The manipulation of DCAB interfered the metabolism of macrominerals in sheeps.

Key words: DCAB, chloride, sulfur, potassium, sodium.

Introdução

O balanço entre cátions e ânions da dieta pode ter interferência no metabolismo de alguns minerais. Desta forma, Block (1994) relatou que os minerais Na, K, Cl e SO_4 foram escolhidos para o cálculo do balanço devido à importância que desempenham no metabolismo ruminal pela participação indireta no balanço osmótico, balanço ácido-base, integridade e mecanismo de bomba das membranas celulares.

O balanço cátion-aniônico dietético (BCAD), também conhecido por diferença cátion-ânion da dieta (BCAD) ou balanço eletrolítico (BE), representa a diferença entre os cátions e os ânions fixos totais presentes na dieta, sendo mais comumente expresso em miliequivalentes/kg de matéria seca (mEq/kg MS). Em geral, o BCAD é calculado em mEq de $(\text{Na}^+ + \text{K}^+) - (\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-})$ /Kg ou 100 gramas de Matéria Seca (MS). Os minerais sódio, cloro e potássio estão associados primeiramente ao BCAD e, segundo Stewart (1978), são denominados "íons fixos" por serem íons biodisponíveis que não são metabolizados.

O cloreto é o principal elemento acidogênico a ser considerado, pois, quando em excesso na dieta, pode levar à acidose metabólica e/ou respiratória (Guyton, 1988). Em nutrição de ruminantes isto é particularmente importante, devido à prática de alimentação com sal comum (NaCl) na ração e "*ad libitum*", em cochos. A influência acidogênica do cloreto pode ser minimizada pelo sódio e potássio, que são elementos alcalinogênicos. Por outro lado, o excesso de consumo de sódio e/ou potássio pode induzir a uma alcalose respiratória e/ou metabólica. O enxofre é incluído por muitos pesquisadores nessa equação, embora não seja um íon fixo, mas o sulfato acidifica diretamente os fluidos biológicos e pode alterar o balanço ácido-básico, se adicionado em altas concentrações na dieta. O sódio é responsável pela maior parte da capacidade catiônica do plasma sanguíneo. A concentração de sódio é mantida relativamente constante no sangue pela regulação do consumo e excreção do elemento. A excreção de sódio e potássio na urina obedece a uma relação de reciprocidade, na qual o potássio é conservado pelo

organismo às custas do sódio. O excesso de um cátion em relação a outro pode causar uma deficiência induzida, mesmo que os níveis estejam dentro dos limites de exigências nutricionais (Block, 1994).

Em um experimento de BCAD, para verificar os efeitos do excesso de íons fixos no balanço ácido-básico, no cálcio e no fósforo, em cabras prenhas e em lactação, Fredeen *et al.* (1988) aplicaram três diferentes dietas: catiônica (maior concentração de sódio), controle (maior concentração de potássio e concentrações de sódio e cloro intermediárias) e aniônica (maior concentração de cloro). Observaram aumento nos teores de Na plasmático da dieta catiônica em relação à aniônica, durante a prenhez e a lactação. O Cl plasmático foi aumentado, enquanto que a concentração de potássio diminuiu, durante a lactação, na dieta aniônica.

Empregando diferentes quantidades de enxofre na dieta de cabras em lactação, Qi *et al.* (1992) encontraram pequeno efeito no "status" ácido-básico. Embora houvesse um aumento linear no consumo, as perdas de enxofre, via fecal, foram semelhantes em todos os tratamentos. Já a excreção urinária de enxofre se apresentou responsiva ao consumo. A digestibilidade aparente do enxofre aumentou de 48,6%, na dieta basal, para 95,8%, na dieta com 0,36% de enxofre suplementar. Qi *et al.* (1993) obtiveram aumentos na excreção fecal do enxofre com dietas suplementadas, diferindo dos resultados obtidos no trabalho anterior.

Delaquis e Block (1995) empregaram BCAD de 481,8 e 327,2 mEq/kg MS, para vacas secas prenhas. Nenhuma diferença ocorreu para o balanço de Ca, Mg, P, K e Cl. A excreção fecal de sódio, a absorção e a excreção urinária de enxofre foram aumentadas pela dieta com balanço 327,2 mEq/kg MS. Ainda relataram que pequenas alterações no BCAD, mesmo dentro de valores positivos, afetaram o "status" ácido-básico.

Setti (2001), trabalhando com vacas da raça Holandesa e diferentes níveis de BCAD, reportou que a dieta aniônica aumentou significativamente as concentrações de cloro e enxofre, porém diminuiu as de sódio e potássio na urina.

Baseado no exposto, o objetivo do trabalho foi o de estudar o balanço cátion-aniônico da dieta no metabolismo dos minerais sódio, potássio, cloro e enxofre em ovinos.

Material e métodos

O experimento foi realizado na Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, Campus de Pirassununga, Estado de São Paulo.

Foram utilizados 16 carneiros machos, não-castrados, da raça Santa Inês, com peso médio de 35,55 kg e idade de 12 meses.

A Tabela 1 apresenta os ingredientes, a composição centesimal das dietas experimentais e seus respectivos balanços cátion-aniônicos, expressos na matéria seca.

Tabela 1. Composição dos ingredientes, parâmetros químico-bromatológicos e minerais das dietas experimentais dos ovinos alimentados com diferentes balanços cátion-aniônicos.

Ingrediente	%			
Casca de algodão	25,00			
Fubá de milho	55,30			
Farelo de trigo	1,00			
Farelo de soja	12,50			
Óleo de soja	1,00			
Fosfato bicálcico	2,00			
Calcário calcítico	1,20			
Uréia	1,00			
Sal experimental*	0,57			
Suplemento mineral**	0,43			

BCAD (mEq/kg MS)				
Componente	-12	+30	+76	+133
Matéria seca (%)	87,45	87,80	88,25	88,05
Proteína bruta (%)	15,15	15,60	16,23	16,51
Fibra bruta (%)	11,30	9,70	10,40	10,70
Extrato etéreo (%)	4,13	4,75	4,52	5,18
Matéria mineral (%)	4,85	5,50	5,60	5,25
Extrato não nitrogenado (%)	64,57	64,45	63,25	62,36
Cálcio (%)	1,07	0,98	0,91	0,90
Fósforo (%)	0,61	0,62	0,64	0,61
Magnésio (%)	0,44	0,43	0,40	0,43
Sódio (%)	0,42	0,43	0,44	0,57
Cloro (%)	0,89	0,77	0,63	0,62
Potássio (%)	0,66	0,67	0,68	0,68
Enxofre (%)	0,18	0,18	0,18	0,18

*Tratamentos (sal experimental): -12mEq/kg MS (0,57% de cloreto de cálcio.2H₂O); +30mEq/kg MS (0,30% de cloreto de cálcio.2H₂O e 0,27% de caulim); +76mEq/kg MS (0,57% de caulim) e +133mEq/kg MS (0,57% de bicarbonato de sódio). **Formulado: 410,0g de cloreto de sódio; 16,7g de sulfato ferroso; 3,0g de sulfato manganoso; 2,6g de óxido de zinco; 2,0g de sulfato cúprico e 0,05g de sulfato de cobalto.

O balanço cátion-aniônico dietético (BCAD) foi calculado pela seguinte equação (Block, 1994): $BCAD = [(Na^+ + K^+) - (Cl^- + S^{2-})]$ mEq/kg MS da ração. Para a formulação dos tratamentos experimentais, usou-se como sal aniônico o cloreto de cálcio (CaCl₂.2H₂O) e como sal catiônico o bicarbonato de sódio (NaHCO₃).

Os animais foram alocados em gaiolas metabólicas com piso de estrado de plástico para coleta total da urina. Em cada animal foram ajustadas bolsas para coleta de fezes. A água foi fornecida "*ad libitum*", através de um sistema de abastecimento contínuo com bebedouros individuais.

Nos primeiros sete dias, os animais receberam quantidades crescentes das dietas experimentais e decrescentes de feno de Coast cross (*Cynodon dactylon* cv Coast cross). O consumo diário de ração foi estabelecido em 1.200 g/dia, para todos os animais, representando este valor cerca de 90% do consumo voluntário médio, visando à eliminação de eventuais sobras. Esse valor foi determinado para que não houvesse efeito das diferentes quantidades ingeridas pelos animais. A partir do 8º dia os animais receberam apenas as dietas experimentais, por um período de 19 dias, sendo os cinco últimos utilizados para colheita de fezes e urina para o balanço de

minerais.

A colheita total de fezes de cada um dos animais foi feita diariamente, pesadas, homogeneizadas e retiradas alíquotas de 10% do peso. Cada amostra foi acondicionada em saco plástico, identificada e congelada. O volume de urina foi medido em uma proveta. Uma amostra correspondente a 10% do volume foi retirada e acondicionada em recipiente plástico, identificado e armazenado em geladeira. As rações fornecidas aos animais também foram amostradas semanalmente.

No último dia do período experimental, às 7h, foram retiradas amostras de sangue e levadas ao laboratório, centrifugadas a 5.000 rpm, durante 10 minutos. As amostras de soro foram desproteinizadas pelo uso de uma solução de ácido tricloroacético a 10% (AOAC, 1990).

Após o período experimental, as amostras de fezes e urina foram degeladas à temperatura ambiente e homogeneizadas. As fezes foram submetidas à pré-secagem em estufa de circulação forçada de ar, a 65°C, por 72 horas. A seguir, foram moídas em moinho tipo Willey, dotados de peneiras de 1 mm de diâmetro e acondicionadas em sacos plásticos.

As amostras de urina de cada animal, foram homogeneizadas, transferidas para frascos menores, acondicionadas em geladeira e utilizadas para a realização das análises logo após o término do experimento.

As determinações de matéria seca (MS) e matéria mineral (MM), para fezes e rações, foram realizadas segundo AOAC (1990).

Para análise dos minerais (fezes, urina, soro e rações), realizou-se uma digestão nítrico-perclórica e posterior diluição (AOAC, 1990). As determinações para sódio e potássio foram realizadas em fotometria de chama.

Nas fezes e rações, o enxofre foi analisado pelo método turbidimétrico e para o cloro empregou-se a titulometria do nitrato de prata (Malavolta *et al.*, 1989a,b). O cloro sérico foi determinado através de kit colorimétrico (Labtest).

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com quatro tratamentos e quatro repetições. Todos os dados experimentais obtidos foram submetidos à análise de variância e, para se verificar o efeito dos tratamentos, realizou-se análise de regressão em função dos diferentes valores do balanço cátion-aniônico.

Resultados e discussão

Os resultados dos teores dos minerais sódio, potássio e cloro no soro sanguíneo estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Parâmetros sanguíneos médios dos ovinos alimentados com diferentes balanços cátion-aniônicos.

Variáveis	BCAD (mEq/kg MS)				Média	Análise de variância		
	-12	+30	+76	+133		EPM ¹	CV ² (%)	P>F
Na (mEq/L)	159,12	162,60	165,23	165,35	163,08	2,15	2,64	0,058
K (mEq/L)	6,67	5,90	7,69	6,67	6,73	0,61	20,15	0,373
Cl (mEq/L)	100,16	108,47	109,57	107,89	106,52	5,17	9,71	0,583

¹Erro padrão da média. ² Coeficiente de variação.

Os níveis séricos do sódio (Tabela 2) se elevaram linearmente ($p < 0,06$) com o aumento do BCAD. Resultados semelhantes foram obtidos por Nestor *et al.* (1988), O'Connor *et al.* (1988) e Sanchez *et al.* (1994). Por outro lado, são relatados trabalhos, em que não há variação desses níveis, como consequência de alteração no BCAD (Rogers *et al.*, 1985; Tucker *et al.*, 1988a e Tucker *et al.*, 1991a).

Não foi encontrada variação estatisticamente significativa ($p > 0,05$) em função do BCAD, para a concentração de potássio no sangue (Tabela 2). O mesmo comportamento foi obtido por Kilmer *et al.* (1981), porém, Nestor *et al.* (1988), Gaynor *et al.* (1989) e Sanchez *et al.* (1994) observaram decréscimos com o aumento do BCAD. Segundo Tucker *et al.* (1991b), não se tem obtido resultados unânimes quanto ao efeito do potássio dietético e sua concentração plasmática.

Já nos trabalhos desenvolvidos por Escobosa *et al.* (1984) e O'Connor *et al.* (1988) foi verificado aumento dos níveis de potássio sérico com o aumento do BCAD. Entretanto, Tucker e Hogue (1990) relataram que o aumento dos níveis de potássio no sangue foi devido ao aumento da concentração de potássio na dieta e não no BCAD utilizado.

Nestor *et al.* (1988) encontraram um declínio nos níveis séricos de potássio quando os níveis de sódio foram altos. Isso pode ter ocorrido devido aos níveis de potássio estarem deficientes na dieta, o que não foi verificado, mesmo no tratamento com bicarbonato de sódio (+133 mEq/kg MS).

No trabalho de Fettman *et al.* (1984), houve uma redução nos teores de sódio quando os níveis de cloreto eram baixos, mas de forma menos acentuada do que o potássio. Isso pode ser decorrente da maior eficiência do organismo em reter o sódio. Esse fato reforça a hipótese de que os minerais sódio, potássio e cloro são de grande importância na manutenção da eletroneutralidade do organismo.

Tucker *et al.* (1988b) relataram decréscimos nos teores de cloreto quando o BCAD foi aumentado, sugerindo que esse parâmetro seria a variável mais afetada pelo BCAD. Coppock *et al.* (1979), Fettman *et al.* (1984) e Tucker *et al.* (1991c) porém, relataram que o cloro plasmático foi responsivo, apenas, à concentração de cloretos na dieta.

No presente trabalho, os valores de cloro plasmático (Tabela 2) não sofreram variação ($p > 0,05$) em função do BCAD, embora tenha sido utilizado diferentes níveis de cloreto na dieta pela adição do cloreto de cálcio (sal aniônico). Aparentemente, as quantidades empregadas foram adequadas para os

animais e insuficientes para promoverem maiores alterações; conforme comentado, os níveis de Na, K e Cl séricos apontam para um equilíbrio, no qual, provavelmente, os mecanismos de controle estiveram funcionando de forma satisfatória (Church, 1974).

Os parâmetros avaliados para o balanço dos minerais sódio, potássio, cloro e enxofre estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Níveis médios de sódio, potássio, cloro e enxofre em ovinos, alimentados com diferentes balanços cátion-aniónicos.

Variáveis	BCAD (mEq/kg MS)				Média	Análise de variância		
	-12	+30	+76	+133		EPM1	CV2(%)	P>F
Sódio								
Consumo (g/dia)	4,41	4,53	4,66	6,02	-	-	-	-
Fezes (excreção %)*	40,65	38,59	36,81	29,69	36,44	3,34	18,31	0,040
Urina (excreção %)*	65,00	54,04	45,18	62,37	56,64	5,32	18,79	0,021
Absorção (%)*	59,36	61,42	62,24	70,31	63,33	3,22	10,18	0,038
Retenção (%)*	-5,61	7,40	17,17	7,93	6,72	4,93	146,72	0,034
Potássio								
Consumo (g/dia)	6,92	7,06	7,20	7,18	-	-	-	-
Fezes (excreção%)*	18,06	17,45	18,44	13,03	16,74	1,60	19,10	0,064
Urina (excreção %)*	74,64	69,95	56,74	71,39	68,18	3,92	11,49	0,097
Absorção (%)*	81,94	82,54	81,56	86,98	83,25	1,60	3,84	0,064
Retenção (%)*	7,30	13,21	24,83	18,85	16,05	5,09	63,46	0,083
Cloro								
Consumo (g/dia)	9,34	8,12	6,67	6,65	-	-	-	-
Fezes (excreção %)*	29,53	28,77	37,29	34,93	32,63	3,71	22,73	0,349
Absorção (%)*	70,48	71,99	62,71	65,05	67,56	3,58	10,61	0,278
Enxofre								
Consumo (g/dia)	1,89	1,90	1,91	1,90	-	-	-	-
Fezes (excreção %)*	36,77	33,16	33,64	32,63	34,05	1,68	9,87	0,356
Absorção (%)*	63,23	66,85	66,36	67,37	65,95	1,88	5,10	0,356

*Calculados em relação ao consumido. ¹ Erro padrão da média. ² Coef. de variação.

A retenção de sódio apresentou um efeito quadrático significativo ($p < 0,05$; $y = -0,920 + 0,410x - 0,003x^2$; $R^2 = 0,98$) com o aumento do BCAD, diferindo do potássio, que apresentou efeito linear crescente ($p < 0,10$; $y = 10,87 + 0,09x$; $R^2 = 0,57$) (Tabela 3).

Houve aumento linear significativo para a absorção do sódio ($p < 0,05$; $y = 59,270 + 0,072x$; $R^2 = 0,87$) e para a do potássio ($p < 0,10$; $y = 81,490 + 0,031x$; $R^2 = 0,57$) à medida que se aumentou o BCAD (Tabela 3). Resultado semelhante foi relatado por Tucker *et al.* (1988b) que esperavam efeito de diminuição de um mineral em função do outro.

A excreção urinária do sódio apresentou um efeito quadrático ($p < 0,05$; $y = 60,650 - 0,400x + 0,003x^2$; $R^2 = 0,93$), enquanto que a do potássio, um efeito cúbico ($p < 0,10$; $y = 75,380 - 0,025x - 0,007x^2 + 0,00005x^3$; $R^2 = 1,00$). A excreção fecal mostrou um efeito linear significativo decrescente para o sódio ($P < 0,05$; $y = 40,60 - 0,73x$; $R^2 = 0,92$) e para o potássio ($P < 0,10$; $y = 18,50 - 0,0031x$; $R^2 = 0,59$) (Tabela 3). Segundo Tucker *et al.* (1988b), a excreção urinária do sódio pelos rins aumentou com o aumento da ingestão do elemento. No trabalho de Gaynor *et al.* (1989), os níveis de potássio na urina não foram afetados pela dieta, porém houve aumento da excreção urinária de sódio com a elevação de seus níveis na dieta.

No tratamento com maiores níveis de sódio que os

demais, +133 mEq/kg MS, foi usado bicarbonato de sódio para alteração do BCAD. O comportamento da excreção urinária de sódio e potássio foi semelhante, havendo, portanto, influência do BCAD e não das quantidades de sódio na dieta. Tucker *et al.* (1988a) constataram que a excreção urinária foi relacionada estreitamente com composição da dieta.

Takagi e Block (1991) observaram redução na absorção do sódio com a diminuição do BCAD, resultado semelhante ocorreu no presente estudo. Por outro lado, Jackson *et al.* (1992), trabalhando com bezerros, não encontraram efeito no balanço do sódio com alteração do BCAD, provavelmente pela diferença de "status" do animal.

Não foi observado efeito significativo ($p > 0,05$) do BCAD sobre a absorção e excreção fecal do cloro (Tabela 3). Com relação à ingestão de cloro, não foi observada influência da quantidade ingerida na ração, semelhante ao ocorrido no experimento de Paquay *et al.* (1969). Estes autores verificaram uma correlação positiva da digestibilidade do cloro com o potássio. A maioria dos trabalhos faz referência apenas à excreção urinária (Tucker *et al.*, 1991b; Jackson *et al.*, 1992 e Jackson e Hemken, 1994).

Os resultados obtidos indicam que as quantidades de cloreto utilizadas encontraram-se dentro de uma faixa adequada de consumo e compatível com as exigências dos animais. Apesar do cloreto de cálcio ter sido utilizado como sal aniônico para redução do BCAD, o cloreto como nutriente não interferiu no balanço. Desta forma, os efeitos observados parecem ser realmente causados pelo BCAD e não pelo íon propriamente dito.

Assim como para o cloro, não foram obtidas diferenças significativas ($p > 0,05$) para a absorção e excreção fecal do enxofre (Tabela 3). A literatura mostra que a absorção do enxofre é uma função do teor de sulfato na dieta. Como não houve variação na sua ingestão, não se esperava grandes alterações nos parâmetros avaliados.

Takagi e Block (1991) reportaram que o aumento no consumo de enxofre por carneiros aumentou a digestibilidade aparente e a excreção urinária do mesmo. Embora a retenção do enxofre tenha variado bastante entre os tratamentos, não obtiveram diferenças significativas estatisticamente, devido à grande variação de resposta entre os animais.

Pelas observações realizadas e pelas discussões da literatura, não se pode afirmar que o enxofre possa ter algum papel no BCAD, como ficou caracterizado para o cloro. A ausência de níveis crescentes de fontes de enxofre não permite maiores inferências nesse sentido.

Conclusão

Pode-se concluir, mediante os resultados obtidos, que a manipulação do BCAD interferiu no

metabolismo de macrominerais em carneiros adultos. Não houve alteração nas concentrações séricas dos minerais potássio e cloro.

Referências

- AOAC-ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. *Official methods of analysis*. 15. ed. Arlington: AOAC, 1990. 1298 p.
- BLOCK, E. Manipulation of dietary cation-anion difference of nutritionally related production diseases, productivity, and metabolic responses of dairy cows. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v. 77, n. 5, p. 1437-1450, 1994.
- COPPOCK, C.E. *et al.* Effect of a low chloride diet on lactating holstein cows. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v. 62, n. 5, p. 723-731, 1979.
- CHURCH, D.C. *Fisiologia digestiva y nutrición de los rumiantes* - Nutrición práctica. Zaragoza: Acribia, 1974.
- DELAQUIS, A.M., BLOCK, E. Acid-base status, renal function, water, and macromineral metabolism of dry cows fed diets differing in cation-anion difference. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v.78, n.3, p.604-619, 1995.
- ESCOBOSA, A. *et al.* Effects of dietary sodium bicarbonate and calcium chloride on physiological responses of lactating dairy cows in hot weather. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v. 67, n. 3, p. 574-584, 1984.
- FETTMAN, M.J. *et al.* Nutritional chloride deficiency in early lactation holstein cows. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v. 67, n. 10, p. 2321-2335, 1984.
- FREDEEN, A.H. *et al.* Characterization of acid-base disturbances and effects on calcium and phosphorus balances of dietary fixed ions in pregnant or lactating does. *J. Anim. Sci.*, Savoy, v. 66, n. 1, p. 159-173, 1988.
- GAYNOR, P.J. *et al.* Parturient hypocalcemia in Jersey cows fed alfalfa haylage-based diets with different cation to anion ratios. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v. 72, n.10, p. 2525-2531, 1989.
- GUYTON, A.C. *Tratado de fisiologia médica*. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1988.
- JACKSON, J.A., HEMKEN, R.W. Calcium and cation-anion balance effects on feed intake, body weight gain, and humoral response of dairy calves. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v. 77, n. 5, p. 1430-1436, 1994.
- JACKSON, J.A. *et al.* Influence of cation-anion balance on feed intake, body weight gain, and humoral response of dairy calves. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v. 75, n. 5, p. 1281-1286, 1992.
- KILMER, L.H. *et al.* Addition of sodium bicarbonate to rations of postpartum dairy cows: physiological and metabolic effects. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v. 64, n. 12, p. 2357-2369, 1981.
- MALAVOLTA, E. *et al.* *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo, 1989a.
- MALAVOLTA, E. *et al.* *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo, 1989b.
- NESTOR Jr, K.E. *et al.* Influence of sodium chloride and potassium bicarbonate on udder edema and selected blood parameters. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v. 71, n. 2, p. 366-372, 1988.
- O'CONNOR, A.M. *et al.* Lactational responses to dietary magnesium, potassium and sodium during winter in Florida. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v. 71, n. 4, p. 971-981, 1988.
- PAQUAY, R. *et al.* Statistical research on the fate of dietary mineral elements in dry and lactating cows. IV. Chloride. *J. Agric. Sci.*, Cambridge, v. 73, p. 223-229, 1969.
- QI, K. *et al.* Sulfate supplementation of Alpine goats: effects on milk yield and composition, metabolites, nutrient digestibilities, and acid-base balance. *J. Anim. Sci.*, Savoy, v. 70, n.11, p. 3541-3550, 1992.
- QI, K. *et al.* Sulfate supplementation of growing goats: effects on performance, acid-base balance, and nutrient digestibilities. *J. Anim. Sci.*, Savoy, v. 71, n. 6, p. 1579-1587, 1993.
- ROGERS, J.A. *et al.* Response of dairy cows to sodium bicarbonate and limestone in early lactation. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v. 68, n. 3, p. 646-660, 1985.
- SANCHEZ, W.K. *et al.* Interactions of sodium, potassium, and chloride on lactation, acid-base status, and mineral concentrations. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v. 77, n. 6, p. 1661-1675, 1994.
- SETTI, M.C. *Parâmetros metabólicos e balanço cátion-aniónico da dieta (BCAD) para vacas da raça Holandesa*. 2001. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2001.
- STEWART, P.A. Independent and dependent variable of acid-base control. *Respir. Physiol.*, Shannon, v. 33, p. 9, 1978.
- TAKAGI, H., BLOCK, E. Effects of manipulating dietary cation-anion balance on macromineral balance in sheep. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v.74, n.12, p.4202-4214, 1991.
- TUCKER, W.B., HOGUE, J.F. Influence of sodium chloride or potassium chloride on systemic acid-base status, milk yield, and mineral metabolism in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v. 73, n. 12, p. 3485- 3493, 1990.
- TUCKER, W.B. *et al.* Influence of dietary cation-anion balance on milk, blood, urine, and rumen fluid in lactating dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v. 71, n. 2, p. 346-354, 1988a.
- TUCKER, W.B. *et al.* Influence of dietary calcium chloride on adaptive changes in acid-base status and mineral metabolism in lactating dairy cows fed a diet high in sodium bicarbonate. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v. 71, n. 6, p. 1587-1597, 1988b.
- TUCKER, W.B. *et al.* Role of sulfur and chloride in dietary cation-anion balance equation for lactating dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v.69, n.3, p.1205-1213, 1991a.
- TUCKER, W.B. *et al.* Influence of calcium chloride on systemic acid-base status and calcium metabolism in dairy heifers. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v.74, n.4, p. 1401-1407, 1991b.
- TUCKER, W.B. *et al.* Influence of dietary sodium bicarbonate on the potassium metabolism of growing dairy calves. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v.74, n.7, p.2296-2302, 1991c.

Received on August 28, 2003.

Accepted on September 23, 2004.

