

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ZOOTECNIA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS

LISIA BERTONHA CORREA

**Dietas catiônicas no desempenho e parâmetros ácido-base de
vacas em lactação.**

Pirassununga
2006

**Universidade de São Paulo
Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos**

**DIETAS CATIÔNICAS NO DESEMPENHO E PARÂMETROS ÁCIDO-BASE DE
VACAS EM LACTAÇÃO.**

Lisia Bertonha Correa

Dissertação de Mestrado depositada na Seção de Pós-Graduação da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da USP, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Mestre em Zootecnia, na área de Concentração: Qualidade e Produtividade Animal.

Orientador: Prof. Dr. Marcus Antonio Zanetti

**Pirassununga/SP - Brasil
Agosto/2006**

À Deus:

Pela vida maravilhosa que me deu e por ser a luz que guia o meu caminho.

Agradeço

Aos meus pais:

Gabriel e Julia, pela compreensão da minha ausência e por todo o estímulo e apoio para que eu nunca desistisse de nenhum desafio.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Aos meus irmãos, Lucas e Douglas, pela amizade e companheirismo.

À minha querida vovó Myrtes, por todo amor e dedicação em todos os anos de minha vida.

Ao meu tio João Fábio, por toda a força e incentivo aos estudos.

À FAPESP, pelo suporte à pesquisa.

Ao Prof. Dr. Marcus Antonio Zanetti, pela competência, orientação e apoio ao projeto.

Aos professores: Edison Schalch e Paulo Leme, pelas sugestões durante a execução do trabalho; César G. de Lima, pela colaboração com as análises estatísticas; Catarina A. Gomide, pelos conselhos durante toda a faculdade; Rogério Lacaz, Douglas E. de Faria, Valdo R. Herling, pela atenção e amizade. Enfim, à todos que contribuíram para minha formação acadêmica.

Ao amigo Gustavo Del Claro, pelo incentivo à pesquisa e pela ajuda de sempre.

À Fernanda Paiva, pela grande amizade e por toda a dedicação ao experimento.

Aos funcionários da seção de pós-graduação, da fábrica de ração e da bovinocultura de leite e ao veterinário Fernando Schalch pela amizade, boa vontade e por todo o suporte prestado.

Ao meu namorado Danilo, pela companhia, amizade, amor e por estar sempre ao meu lado, me apoiando muito.

Em especial para as amigas: Camila Pereira, Fabíola Machado, Renata Camila Cabral, Andrezza Fernandes, Mariana Coletti e Natália Dalforno pela presença constante em minha vida, tanto nos momentos bons, quanto nos ruins.

Enfim, à todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a execução deste projeto.

Sumário

	Pág.
LISTA DE TABELAS	i
LISTA DE FIGURAS	iii
LISTA DE ABREVIATURAS	v
RESUMO	vi
ABSTRACT	vii
1. INTRODUÇÃO	01
2. REVISÃO DE LITERATURA	03
2.1 Balanço cátion-aniônico da dieta (BCAD)	03
2.2 BCAD e Equilíbrio ácido-base	06
2.3 BCAD e Parâmetros ácido-base do sangue.....	09
2.4 BCAD e pH urinário.....	16
2.5 BCAD e Desempenho animal	18
2.6 BCAD e Ingestão de matéria seca	20
2.7 BCAD e Desempenho lactacional de vacas	22
3. MATERIAL E MÉTODOS	25
3.1 Local	25
3.2 Animais	25
3.3 Instalações	25
3.4 Tratamentos	26
3.5 Alimentação	26
3.6 Procedimento experimental	27
3.7 Procedimento analítico	31
3.8 Análise estatística	35
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
4.1 Temperatura corporal	36
4.2 pH urinário	37
4.3 Parâmetros ácido-base do sangue	41
4.3.1 Bicarbonato sanguíneo	41
4.3.2 pH sanguíneo	45
4.3.3 Dióxido de carbono total	49
4.3.4 Pressão parcial de dióxido de carbono	51
4.3.5 Cálcio no sangue	54
4.3.6 Sódio no sangue	58
4.3.7 Potássio no sangue	60

4.3.8 Cloro no sangue	62
4.4 Ingestão de matéria seca	65
4.5 Produção, composição e propriedades físico-químicas do leite	68
4.5.1 Produção de leite e eficiência das dietas na produção	68
4.5.2 Gordura do leite	72
4.5.3 Acidez do leite	74
4.5.4 pH do leite	76
4.5.5 Índice crioscópico e Densidade do leite	78
5. CONCLUSÕES	80
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	81

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1. Composição percentual dos ingredientes e de alguns minerais e análise bromatológica (%) das dietas experimentais (volumoso + concentrado), em base seca, e respectivos BCADs em mEq/kg de MS.....27
- Tabela 2. Valores mínimos, máximos e médios de temperatura retal, em °Celsius, de vacas em lactação alimentadas com diferentes níveis de BCADs positivos.....36
- Tabela 3. Níveis médios de pH urinário, referentes aos quatro tratamentos, de vacas lactantes alimentadas com diferentes níveis de dietas catiônicas.....37
- Tabela 4. Valores médios da concentração de bicarbonato sanguíneo (mmol/L), em função dos tratamentos, de vacas em lactação recebendo diferentes níveis de dietas catiônicas.....41
- Tabela 5. Níveis médios de pH sanguíneo, por tratamento, de vacas em lactação recebendo diferentes níveis de BCADs positivos.....45
- Tabela 6. Valores médios de TCO₂ no sangue (mmol/L), em cada tratamento, de vacas em lactação recebendo quatro níveis de BCAD.....49
- Tabela 7. Valores médios de pressão de CO₂ no sangue (mmHg), por tratamento, de vacas lactantes alimentadas com quatro níveis de dietas catiônicas.....51
- Tabela 8. Valores médios da concentração de cálcio sanguíneo, de vacas em lactação recebendo diferentes níveis de dietas catiônicas.....54
- Tabela 9. Concentrações médias de Na (mmol/L), no sangue de vacas leiteiras alimentadas com diferentes níveis de BCAD.....58
- Tabela 10. Valores médios das concentrações de potássio no sangue, expressos em mmol/L, de vacas leiteiras recebendo quatro níveis de balanço cátion-aniónico da dieta.....60

Tabela 11. Concentrações médias de Cl no sangue, expressas em mmol/L, de vacas leiteiras alimentadas com quatro níveis de dietas catiônicas.....	62
Tabela 12. Níveis médios de ingestão de matéria seca em kg/dia, em vacas de leite alimentadas com diferentes níveis de BCADs positivos.....	65
Tabela 13. Dados referentes às produções médias de leite, em kg/dia, de vacas alimentadas com diferentes níveis de dietas catiônicas.....	68
Tabela 14. Valores médios de eficiência das dietas na produção de leite (kg leite/kg MS ingerida), de vacas recebendo diferentes níveis de dietas catiônicas.....	68
Tabela 15. Valores médios de gordura no leite, em porcentagem, de vacas recebendo quatro níveis de dietas com BCADs positivos.....	72
Tabela 16. Valores médios da acidez do leite, em °Dornic, de vacas recebendo quatro níveis de balanço cátion-aniônico da dieta.....	74
Tabela 17. Níveis médios de pH do leite, de vacas alimentadas com diferentes níveis de dietas catiônicas.....	76
Tabela 18. Dados referentes aos valores médios de índice crioscópico do leite (°H), de vacas alimentadas com diferentes níveis de dietas catiônicas.....	78
Tabela 19. Densidades médias do leite a 15°C, de vacas recebendo quatro níveis de BCAD.....	78

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Baias individuais.....	25
Figura 2. Baias com bagaço de cana.....	26
Figura 3. Amostragem de leite.....	29
Figura 4. Estimulação vulvar.....	30
Figura 5. Colheita de sangue.....	30
Figura 6. Análise de pH do leite.....	32
Figura 7. Análise de acidez do leite.....	33
Figura 8. Aparelho de crioscopia eletrônica.....	33
Figura 9. Aparelho i-STAT.....	34
Figura 10. Análise do sangue.....	34
Figura 11. Efeito do BCAD sobre o pH urinário de vacas em lactação.....	38
Figura 12. Efeito do balanço cátion-aniônico da dieta (BCAD) sobre o bicarbonato sanguíneo de vacas em lactação, alimentadas com quatro níveis de dietas catiônicas.....	42
Figura 13. Efeito do balanço cátion-aniônico da dieta sobre o pH sanguíneo de vacas leiteiras.....	48
Figura 14. Influência do BCAD sobre o gás carbônico total no sangue de vacas lactantes.....	49
Figura 15. Efeito do balanço cátion-aniônico da dieta sobre a pressão de CO ₂ de vacas leiteiras.....	53

Figura 16. Efeito de quatro níveis de BCAD sobre a concentração total de Ca no sangue de vacas em lactação.....	57
Figura 17. Efeito do BCAD sobre a concentração de cloro no sangue de vacas em lactação.....	64
Figura 18. Influência de quatro níveis de BCAD sobre a ingestão de matéria seca de vacas em lactação.....	66
Figura 19. Efeito de quatro níveis de dietas catiônicas (+150, +250, +400 e +500 mEq/kg MS) sobre a produção leiteira de vacas.....	69
Figura 20. Efeito de diferentes balanços cátion-aniônicos da dieta sobre a acidez do leite de vacas.....	75
Figura 21. Efeito de quatro níveis de BCAD sobre o pH do leite de vacas.....	76

LISTA DE ABREVIATURAS

BCAD – Balanço cátion-aniônico da dieta

Ca - Cálcio

CaCl₂ – Cloreto de cálcio

Cl - Cloro

CO₂ – Dióxido de carbono

dL – Decilitro

EB – Excesso de bases

g – Gramas

H⁺ - Íon hidrogênio

HCO₃⁻ - Bicarbonato

IC – Índice crioscópico

IMS – Ingestão de matéria seca

K – Potássio

KCl – Cloreto de potássio

Kg – Quilo

mEq – Miliequivalente

mg - Miligrama

Mg - Magnésio

MS – Matéria seca

Na – Sódio

NaHCO₃ – Bicarbonato de sódio

NaCl – Cloreto de sódio

P – Fósforo

PTH – Paratormônio

pCO₂ – Pressão de dióxido de carbono

pH – Potencial hidrogeniônico

S – Enxofre

SO₄ - Sulfato

TCO₂ – Dióxido de carbono total

RESUMO

Foram utilizadas 8 vacas Holandesas em lactação, distribuídas em um quadrado latino (4x4), replicado, conduzidos durante o verão, por um período de 72 dias. O objetivo desse trabalho foi estudar quatro níveis de dietas catiônicas, sobre a IMS, produção, composição e propriedades físico-químicas do leite, pH urinário, temperatura corporal e parâmetros ácido-base do sangue, em vacas após o pico de lactação. Para a manipulação do BCAD, foram adicionadas diferentes concentrações de bicarbonato de sódio nas dietas, obtendo-se os seguintes tratamentos: +150, +250, +400 e +500mEq/kg MS. A temperatura corporal das vacas não foi afetada pelo balanço cátion-aniônico da dieta. O bicarbonato, o pH, o CO₂ total e a pCO₂ do sangue aumentaram linearmente com o aumento do BCAD. A concentração de cálcio no sangue apresentou resposta quadrática, com maior valor para o menor BCAD. As concentrações de sódio e potássio do sangue não foram modificadas significativamente pelo BCAD e a concentração de cloro diminuiu linearmente com o aumento do BCAD. O aumento do BCAD resultou em aumento da ingestão de matéria seca e produção de leite. Não houve diferença significativa para as variáveis: porcentagem de gordura, densidade e índice crioscópico, do leite. O pH do leite aumentou linearmente e a acidez apresentou resposta cúbica, com o aumento do BCAD. Conclui-se que a manipulação do BCAD afeta o equilíbrio ácido-base das vacas, mesmo dentro de variação positiva. Devido ao aumento da IMS e da produção de leite, verificou-se efeito benéfico do uso de dietas catiônicas, para vacas após o pico de lactação.

ABSTRACT

Eight lactating Holsteins cows were distributed in 4 x 4 replicated Latin square, during the summer, for a period of 72 days. The objective of this research was to study the effect of four cationic diets levels, on the dry matter intake, milk production, composition, and physico-chemical parameters, urinary pH, body temperature and blood acid-base parameters, in cows, after the lactation peak. For DCAB manipulation were added different concentrations of sodium bicarbonate in the diets and the following treatments were obtained: +150, +250, +400 e +500mEq/kg DM. The cows body temperature was not affected by dietary cation-anion balance. Blood bicarbonate, pH, total CO₂ and pCO₂ increased linearly with the increase of dietary CAB. Calcium concentration in the blood decreased quadratically with dietary CAB increased. Sodium and potassium concentration in the blood were not modified significantly with the DCAB and concentration of chloride decreased linearly with increase of DCAB. Increasing BCAD resulted in higher DM intake and milk yield. The diets did not affect milk fat percentage, density and crioscopic index. Milk pH increased linearly and acidity decreased cubically with the increase of dietary CAB. It was concluded that DCAB manipulation affected the acid-base status of cows, even inside of positive variation. Due to the increase of DM intake and milk yield, it was verified a beneficial effect of the cationic diets for cows after the lactation peak.

1. INTRODUÇÃO

Os minerais podem atuar de forma direta ou indireta em diversos processos, participando desde a formação dos ossos até o equilíbrio elétrico das células. Desse modo, constituem-se numa classe de nutrientes que possui grande participação em uma série de funções biológicas.

O essencial a um ótimo desempenho seria o ajuste dos minerais na dieta principalmente em função do balanço dos mesmos. Para esse fim, temos o balanço cátion-aniônico da dieta (BCAD), que representa a diferença entre os cátions e os ânions presentes na dieta, podendo ser calculado em mEq de $(Na+K) - (Cl + SO_4)$ por kg de matéria seca (MS).

A principal ação do balanço cátion-aniônico dietético (BCAD) é atuar na regulação do equilíbrio ácido-base e nos últimos anos, muito se tem discutido a respeito da manipulação desse equilíbrio nos diferentes processos metabólicos dos animais, principalmente devido à sua estreita relação com o desempenho animal.

O conceito de BCAD, em nutrição animal, foi inicialmente empregado na criação de frangos de corte, sendo hoje aplicado à maioria dos não ruminantes e também aos ruminantes.

Atualmente, a maioria das pesquisas com BCAD estão direcionadas à bovinocultura de leite, porém, sendo concentradas principalmente na área de prevenção de certas desordens metabólicas, como por exemplo, a hipocalcemia no período do pré-parto, a febre do leite, também conhecida como febre vitular ou ainda paresia puerperal, no pós-parto. Nesse caso, as dietas oferecidas aos animais são as aniônicas, ou seja, aquelas dietas com maior proporção de ânions, pois têm a capacidade de produzir leve acidose metabólica, levando conseqüentemente à reabsorção de cálcio dos ossos.

Para se obter melhor desempenho de vacas em lactação, recomenda-se o uso de dietas altamente catiônicas, com inclusão de fontes de sódio ou potássio, já que esses ruminantes apresentam altas taxas metabólicas e há tendência para o ambiente celular tornar-se ácido.

Um dos grandes problemas que se enfrenta hoje é a escassez de pesquisas envolvendo especificamente o desempenho animal e, portanto, não há recomendações de níveis ótimos de BCAD na nutrição de ruminantes, em especial de vacas em lactação, principalmente nas condições de clima tropical, onde o estresse provocado pelo calor é mais acentuado. Porém, esse assunto tem despertado bastante interesse pois, ganho de peso e produção de leite podem ser os primeiros parâmetros a serem afetados em caso de ocorrência de desbalanço cátion-aniônico.

O objetivo desse trabalho foi estudar os efeitos de diferentes níveis de dieta catiônica (+150, +250, +400, +500mEq/kg de MS), através da inclusão de bicarbonato de sódio, em vacas após o pico de lactação, sobre a ingestão de matéria seca, produção, composição e parâmetros físico-químicos do leite, temperatura corporal, pH urinário e parâmetros ácido-base no sangue.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Balanço cátion-ânionico da dieta (BCAD)

O conceito de balanço cátion-aniônico dietético (BCAD) em nutrição animal não é novo e vem sendo aplicado na formulação de rações para frangos, devido à constatação de que os minerais devem ser ajustados na dieta, não apenas pelos níveis de exigência em si, mas também pelo balanço, o que é essencial a um desempenho ótimo (MONGIN, 1981).

O balanço cátion-aniônico da dieta (BCAD) diz respeito à diferença entre os cátions e os ânions fixos presentes na dieta. Cátions são elementos que normalmente doam elétrons de sua última camada orbital, por isso possuem a carga positiva. Ânions são os elementos que recebem elétrons em sua última camada orbital, e por isso têm cargas negativas. Dessa forma, dietas com maior proporção de cátions são denominadas catiônicas ou positivas, inversamente, dietas com maior proporção de ânions são chamadas de aniônicas ou negativas. As dietas catiônicas provocam alcalose metabólica, sendo denominadas dietas alcalinogênicas. Já as dietas aniônicas provocam uma acidose metabólica, sendo então acidogênicas (BLOCK, 1994).

MONGIN (1981) foi o primeiro a propor as inter-relações entre Na, K e Cl, e também que a ingestão de ácidos poderia ser extrapolada através da soma de $\text{Na} + \text{K} - \text{Cl}$ em mEq/100g de MS. O autor também definiu a equação do BCAD para aves como $\text{mEq} (\text{Na} + \text{K}) - (\text{Cl}) / 100\text{g de MS}$.

Em geral, para ruminantes, o BCAD é calculado em mEq de $(\text{Na} + \text{K}) - (\text{Cl} + \text{SO}_4) / \text{kg}$ ou 100 gramas de Matéria Seca (MS). O sódio, o potássio e o cloreto são denominados “íons fixos” pelo fato de serem íons biodisponíveis e não metabolizáveis. Estes íons são utilizados por serem os mais atuantes no equilíbrio ácido-base (STEWART citado por BLOCK, 1994). Pelo fato desses íons serem absorvidos, mas não metabolizados, eles contribuem com cargas positivas ou negativas para o corpo, afetando o equilíbrio ácido-base do organismo e podendo influenciar o desempenho do animal (SANCHEZ *et al.*, 1994). O enxofre, apesar de não ser um íon fixo, é incluído no cálculo de BCAD, pois os sulfatos acidificam os fluidos biológicos e, em altas concentrações na dieta podem alterar o equilíbrio ácido-básico (WHITING e DRAPER, 1981; COLE & ZLOTKIN citados por BLOK, 1994). Segundo o *National Research Council* (1989), sete macrominerais (Ca, P, Mg, Na, K, Cl e S) foram classificados como nutrientes essenciais na dieta de vacas leiteiras, pelo fato de terem sido requeridos em maiores quantidades e encontrados em maiores concentrações no corpo animal e nos alimentos em relação aos demais minerais. Entretanto, íons como o cálcio, magnésio e fosfatos são usualmente retirados

do cálculo do BCAD, devido à sua pequena influência no balanço ácido-básico fisiológico (MONGIN, 1981). A habilidade dos íons para afetar o balanço ácido-base no corpo é determinada pela eficiência de absorção intestinal. O Na, K e Cl apresentam taxas de absorção intestinal maiores que 90% e o S, ao redor de 60% (MAYBERRY e SUNDBERG, 1993). Já os íons P, Ca e Mg possuem taxas de absorção de 50, 40 e 30%, respectivamente. As concentrações de todos os macrominerais nas dietas deveriam ser relatadas rotineiramente nos testes de nutrição com ruminantes, para permitir uma avaliação completa dos efeitos da dieta no equilíbrio ácido-base metabólico (FREDEEN *et al.*, 1988).

Os íons Na, K, Cl e SO_4 , além de terem influência no balanço ácido-base, podem também alterar o balanço osmótico, mecanismos de transporte de membrana, impulsos nervosos, entre outras alterações no metabolismo animal (BLOCK, 1990).

Segundo TUCKER *et al.* (1991a), dentro de uma variação de 0 à +300mEq/kg de MS da dieta, o efeito do S no *status* ácido-base de vacas em lactação foi similar ao do Cl. O enxofre não desempenha papel considerável para aves (MONGIN, 1981).

O cloreto é o elemento acidogênico mais importante a ser considerado, pois quando em excesso na dieta, pode levar à acidose metabólica e/ou respiratória (GUYTON, 1988). Em nutrição de ruminantes isso é particularmente importante devido à prática de alimentação com sal (NaCl) na ração e “ad libitum”, em cochos. A influência acidogênica do Cl pode ser minimizada pelo Na e K, que são elementos alcalinogênicos. O cloreto é o principal ânion, tanto no plasma sanguíneo como nos fluídos intracelulares. Suas principais funções são a regulação do equilíbrio ácido-base e a manutenção da pressão osmótica (HARPER *et al.*, 1977). O cloreto é absorvido principalmente no intestino delgado, entretanto, pode também ser absorvido no rúmen. Ele é excretado principalmente na urina, como sal e, pequenas quantidades são perdidas através das fezes e da transpiração (McDOWELL, 1992). O metabolismo do Cl é controlado em relação ao Na, a fim de manter a eletroneutralidade. Desse modo, quando um excesso de Na é excretado pelos rins, geralmente há um excesso de Cl também excretado. Em geral, os alimentos consumidos pelos ruminantes são pobres em cloreto, devendo dessa forma, serem suplementados através do cloreto de sódio (NaCl) (WHEELER, 1980).

O sódio é responsável pela maior parte da capacidade catiônica do plasma sanguíneo. Ele é o principal cátion do líquido extracelular e um importante componente do esqueleto. Este mineral é amplamente associado com o cloro e o bicarbonato na regulação do equilíbrio ácido-base. A concentração de Na no sangue é mantida relativamente constante através da regulação do consumo e excreção do elemento. Aproximadamente 95% do sódio que deixa o corpo é excretado na urina. A excreção renal de Na envolve primeiramente a filtração glomerular do Na plasmático e,

posteriormente, a reabsorção tubular da maioria do Na filtrado. A excreção de sódio é, portanto, a diferença entre o filtrado e o reabsorvido (SWENSON, 1984). Para que ocorra a reabsorção de sódio, é necessário que haja uma passagem equivalente de íons hidrogênio ou potássio na direção contrária, sendo, assim, importante na manutenção do equilíbrio ácido-base. A absorção desse elemento é feita principalmente no intestino delgado, através de sistemas de bombas (McDOWELL, 1992). Animais que apresentam deficiência de sódio têm o comportamento voltado para a ingestão de sal (NaCl), de maneira a corrigirem o déficit corporal desse mineral. Quando o consumo de sódio é inadequado, o corpo tem a capacidade de aumentar a retenção, excretando baixas quantidades na urina. Inversamente, quando o consumo é alto, maiores concentrações de sódio são eliminadas pelos rins e o consumo de água aumenta (McDOWELL, 1992). O sódio também é secretado passivamente no intestino delgado (DOUGLAS, 2002a).

O principal cátion dos fluídos intracelulares é o potássio. Aproximadamente 89% do conteúdo total de K do corpo está localizado dentro das células. Sua principal função nas células é influenciar o balanço ácido-base e a pressão osmótica, incluindo retenção de água. Em geral, o consumo desse elemento é superior às necessidades. Deficiências de potássio em ruminantes geralmente não ocorrem em condições práticas, devido ao fato das forragens apresentarem níveis adequados desse mineral. Têm sido observadas, entretanto, deficiências em dietas ricas em concentrados. A importância do K reside em sua relação com outros cátions e não em seus teores na dieta (SWENSON, 1984). A absorção do potássio em ruminantes ocorre no rúmen, omaso e no restante do trato gastrointestinal (McDOWELL, 1992). O potássio é excretado pelos rins, através de filtração glomerular e secreção tubular, entretanto, a habilidade dos rins para conservar o potássio não é tão eficiente como para o sódio (WHEELER, 1980). A excreção de potássio pelos rins é controlada por competição entre os íons hidrogênio e potássio, no mecanismo de reabsorção. Um aumento na concentração de K resulta na liberação de aldosterona, que incrementa a excreção de K na urina, com uma conseqüente queda do K plasmático (SWENSON, 1984). Em ovinos, segundo RAI citado por McDOWELL (1992), quando em condições de calor e umidade, 30% do K é excretado pela pele. A excreção de Na e de K na urina envolve uma relação de reciprocidade, na qual o K é mantido pelo organismo às custas do Na. O excesso de um cátion na dieta, em relação ao outro, pode fazer com que o rim cause uma deficiência induzida deste, mesmo que os níveis estejam dentro dos limites das exigências nutricionais (BLOCK, 1994).

O BCAD exerce vários efeitos sobre o metabolismo animal. Sua principal ação é atuar no mecanismo de regulação do equilíbrio ácido-base, entretanto, a manutenção da integridade osmótica, relação com reações enzimáticas e condução de impulsos nervosos, são outras funções desempenhadas pelo BCAD (WHEELER, 1980).

2.2 BCAD e Equilíbrio ácido-base

Equilíbrio ácido-base representa a regulação da concentração do íon hidrogênio nos líquidos corporais. Essa concentração é a mais cuidadosa função reguladora do corpo (GUYTON, 1988). Modificações pequenas nessa concentração podem causar alterações na velocidade das reações químicas das células, portanto, é importante que o pH dos fluidos corporais seja mantido entre limites estritos, para que os processos vitais transcorram normalmente. Segundo TUCKER *et al.* (1988a), os animais são eletricamente neutros e o balanço ácido-base é afetado pela ingestão de cátions e ânions fixos. Portanto, segundo GOMIDE (1996), para que a neutralidade elétrica dos fluidos corporais seja mantida, existe a necessidade de se manter, internamente, iguais quantidades de miliequivalentes de cátions e de ânions. O aumento de um cátion é contrabalanceado pela redução de algum outro cátion e/ou aumento de um ou mais ânions para manter essa neutralidade e vice-versa.

O balanço cátion-aniônico dietético afeta o balanço ácido-base em muitas espécies, devido ao respectivo déficit ou excesso em cátions e ânions presente na dieta e sua respectiva capacidade tampão (ROSS *et al.* 1994a). Em vacas de leite, além do equilíbrio ácido-base, as inter-relações cátion-aniônicas também influenciam o desempenho lactacional (SANCHEZ e BEEDE, 1996). O equilíbrio ácido-base tem estreita relação com o desempenho animal (MILES e BUTCHER, 1993a). Em função disso, verifica-se que a homeostase ácido-base é um fator de fundamental importância em qualquer espécie animal de interesse zootécnico.

O *status* ácido-base de vacas é determinado pela diferença entre as quantidades de ânions e cátions que podem ser absorvidos da dieta (PEHRSON *et al.*, 1999). ERDMAN *et al.* (1982) afirmaram que os índices para o *status* ácido-base de vacas leiteiras, durante o período pós-parto, se encontram próximos da alcalinidade.

Segundo SWENSON (1984), ácidos são substâncias que tendem a doar íons hidrogênio para uma solução, e bases são substâncias que tendem a receber íons hidrogênio de uma solução. Devido à ingestão ou ao metabolismo celular, quando em condições normais, ácidos ou bases são continuamente acrescentados aos líquidos corporais (DOUGLAS, 2002b). As funções metabólicas normais resultam na produção de grandes quantidades de ácidos, entre eles: ácido láctico, ácido carbônico e ácido fosfórico (SWENSON, 1984). A quantidade de ácido produzida se altera com a alimentação, nível de exercício, fases do ciclo, nível de produção de leite, etc. Também existem distúrbios na carga básica, porém estes ocorrem com menor frequência. (CUNNINGHAM, 1999).

Considerando que a maioria dos processos metabólicos é dependente do pH, a manutenção do pH dos fluidos corporais é essencial ao funcionamento do organismo

(GUYTON, 1988). Para manter essa estreita variação do pH, o organismo animal utiliza mecanismos compensatórios, como por exemplo, os efeitos do sistema tampão do sangue, o mecanismo realizado pelo sistema respiratório, além dos mecanismos de excreção e reabsorção presentes nos rins (CUNNINGHAM, 1999).

Diversos tampões intra e extracelulares agem para titular o íon hidrogênio com a finalidade de manter o pH dentro de limites fisiológicos. Dentre os sistemas tampões podemos incluir a hemoglobina e outras proteínas, carbonato nos ossos, fosfatos e bicarbonatos. Quando ocorrem alterações agudas na carga ácida, esses tampões normalizam rapidamente o pH, a menos que a capacidade tamponante seja excedida. Na presença de hidroxila, os grupamentos ácidos da proteína cedem seus íons H^+ formando água. Em meio ácido, a queda brusca do pH pode ser evitada devido ao fato dos íons H^+ reagirem com o grupamento carboxila da proteína (DAVENPORT, 1973).

No sangue há o sistema bicarbonato-ácido carbônico, que é um sistema tampão de grande importância, pois quando há entrada de substâncias ácidas no sangue, o bicarbonato recebe um íon hidrogênio e transforma-se em ácido carbônico. Este é um ácido fraco, que se mantém em equilíbrio com o CO_2 podendo ser eliminado pelos pulmões (GURTLER *et al.*, 1987; DOUGLAS, 2002b).

Outro sistema que contribui rapidamente para a manutenção do pH sanguíneo é o sistema respiratório. Essa regulação se dá no sentido da eliminação de maior quantidade de dióxido de carbono e conseqüente diminuição da concentração de ácido carbônico no sangue. A enzima anidrase carbônica, presente nas hemácias e outras células, catalisa a reação de desidratação do ácido carbônico (CUNNINGHAM, 1999). Os pulmões também são de fundamental importância na regulação do pH dos fluidos corporais, uma vez que podem conservar esse ácido volátil durante a alcalose, ou eliminá-lo durante a acidose, e dessa forma, a taxa respiratória pode ser alterada (MILES e BUTCHER, 1993a). Segundo DAVENPORT (1973), a compensação respiratória para a alcalose metabólica acontece, pois o aumento do pH deprime a respiração e reduz a ventilação dos espaços alveolares, aumentando a pCO_2 do sangue arterial, o que induz à queda do pH. Por sua vez, a compensação respiratória para a acidose metabólica ocorre, já que a diminuição do pH estimula a respiração e aumenta a ventilação pulmonar, com isso a pCO_2 é diminuída, induzindo o aumento do pH.

O terceiro mecanismo de defesa para a manutenção do equilíbrio ácido-básico é fornecido pelos rins, que têm como função, manter a constância do meio interno, através da excreção e regulação de íons. Apesar dos sistemas tampão e respiratório serem capazes de manter o pH dentro dos limites fisiológicos, é o rim que promove a excreção da maior parte de H^+ . Durante a alcalose metabólica, o pH plasmático e a concentração de HCO_3^- estão elevados e, se ocorreu a compensação respiratória, a pCO_2 também está

elevada. Assim, tem-se a excreção urinária de HCO_3^- e uma urina alcalina é excretada, para manter a eletroneutralidade. Com a urina alcalina, cátions, principalmente o Na, são eliminados e a taxa de excreção do Cl é reduzida. No caso de acidose metabólica ocorre o inverso, ou seja, o pH, a concentração plasmática de HCO_3^- e a pCO_2 estão abaixo do normal. Desse modo, a urina excretada é ácida, havendo aumento da concentração de bicarbonato plasmático. Com a urina ácida, íons amônio são excretados e sódio é conservado. Para que o equilíbrio elétrico seja mantido, para cada íon H^+ excretado na urina, um Na é reabsorvido, isto é, a excreção de um ácido é acompanhada pela adição de NaHCO_3 (DAVENPORT, 1973). Segundo PATIENCE (1991), para a manutenção do equilíbrio elétrico, se os rins excretarem uma espécie de carga como Na ou K, por exemplo, eles devem eliminar também uma metade da carga oposta na mesma quantidade. O túbulo proximal é o principal responsável pela maior secreção ácida, ao passo que o ducto coletor é o principal responsável pelo controle da excreção resultante de ácido e pelo pH final da urina. A excreção ácida tem como responsáveis um conjunto de enzimas e de transportadores do íon H^+ das células epiteliais para o líquido tubular, combinado com tampões (amônia, bicarbonato, fosfato) que impedem altas concentrações de H^+ nesse líquido. (CUNNINGHAM, 1999).

Durante a alcalose ou acidose, as duas variáveis mais afetadas são a concentração plasmática de bicarbonato e a quantidade de tampão na urina (DAVENPORT, 1973).

A acidose e a alcalose são indicadoras de distúrbios no equilíbrio ácido-base. Segundo MILES e BUTCHER (1993a), a acidose é representada pelo excesso de ácido ou déficit de base no fluído corporal. Normalmente o corpo conserva bases durante esse estado. Inversamente, a alcalose corresponde ao excesso de base ou déficit de ácido no fluído corporal. Nesse caso, o corpo conserva ácidos. Assim, quando o animal está em acidose respiratória, significa que ele está com excesso de ácido carbônico no sangue, e quando está em alcalose respiratória, está com nível baixo de ácido carbônico. A acidose metabólica pode ser entendida como a falta de HCO_3^- , e a alcalose metabólica o excesso de HCO_3^- . Os fenômenos de acidose e alcalose metabólica estão associados à perdas de eletrólitos. Quando o balanço ácido-base é desviado para a alcalose ou a acidose, fora do bem estar homeostático, a maioria dos caminhos metabólicos não pode trabalhar abaixo de condições ótimas e fica mais envolvido na regulação homeostática que no processo de crescimento, por exemplo (MONGIN, 1981). O estresse causado pelo calor pode induzir o animal a uma alcalose metabólica, e até que ele tenha o seu equilíbrio ácido-base recuperado, seu desempenho fica comprometido.

Quando os ruminantes são alimentados com dietas ricas em grãos há um aumento considerável nas quantidades de ácidos produzidos, podendo diminuir a

habilidade do animal em manter adequadamente o equilíbrio ácido-básico (WHEELER, 1980). O aumento da quantidade de grãos na dieta resulta na elevação das quantidades de ácido láctico, ocasionando o efeito conhecido como acidose láctica. Esta geralmente ocorre de forma aguda quando há mudanças bruscas na alimentação, ou seja, o animal repentinamente passa a receber dietas com alta concentração de grãos. Entretanto, a acidose também pode ocorrer na forma subclínica, onde os sintomas não aparecem, mas o desempenho animal é afetado, resultando em grandes implicações econômicas.

Desse modo, o balanço cátion-aniônico da dieta pode ser uma ferramenta importante para prevenir ou corrigir os efeitos das condições acidóticas subclínicas nos ruminantes (BLOCK, 1994). O aumento do BCAD pode ser mais eficiente quando concentrados ricos em carboidratos altamente degradáveis constituem grande proporção da dieta oferecida a vacas leiteiras. Isso em função do efeito tampão no rúmen, proporcionado pelo alto BCAD (APPER-BOSSARD *et al.*, 2006), em oposição ao aumento na quantidade de ácidos produzidos.

Dietas catiônicas provocam alcalose metabólica, sendo denominadas dietas alcalinogênicas. As dietas aniônicas provocam uma acidose metabólica, sendo então acidogênicas (BLOCK, 1984). Como pode ser visto, esses estados podem ser manipulados através do balanço cátion-aniônico da dieta. A inter-relação entre o BCAD e o equilíbrio ácido-base fisiológico pode levar a diferenças significativas no desempenho do animal.

2.3 BCAD e Parâmetros ácido-base do sangue

Durante a alcalose ou acidose, a concentração plasmática de bicarbonato é uma das variáveis mais afetadas (DAVENPORT, 1973).

Uma alimentação rica em carboidratos solúveis, oferecida aos ruminantes, pode induzir uma acidose aguda ou crônica, afetando o pH sangüíneo, ocasionando laminites, problemas no fígado, entre outras desordens (OWENS *et al.*, 1998).

A influência do balanço cátion-aniônico sobre o pH sangüíneo se dá pelos mecanismos fisiológicos do animal para manter a eletroneutralidade. Ocorre já no trato gastrointestinal, uma vez que a absorção de cátions é acompanhada da secreção de íons hidrogênio e, a de ânions acompanhada da absorção de H^+ ou secreção de HCO_3^- . O íon cloreto, quando está em excesso em relação ao íon sódio (o que acontece em uma dieta aniônica) é absorvido na troca com o HCO_3^- . Dessa forma, ocorre uma drenagem de bicarbonato do sangue para o intestino, o que pode levar a uma condição de acidose, uma vez que o bicarbonato é um importante tampão sangüíneo. Por outro lado, quando existe o predomínio de sódio (em uma dieta catiônica) a absorção desse elemento é

acompanhada pela troca de íons hidrogênio, os quais vão para o intestino, diminuindo a concentração dos mesmos no sangue, levando a uma condição de alcalose metabólica (BLOCK, 1994).

O balanço ácido-base não é definido apenas em termos de pH do sangue, mas inclui também a pressão de dióxido de carbono ($p\text{CO}_2$), bicarbonato (HCO_3^-) e excesso de bases (EB). Além do *status* ácido-base, esses parâmetros, em conjunto, ajudam também a definir alguma anormalidade que o animal possa apresentar (PATIENCE, 1991).

ANDERSEN (1963) afirmou que o pH normalmente muda em função de alterações na $p\text{CO}_2$ e no EB. A $p\text{CO}_2$ é inversamente proporcional à ventilação pulmonar e o EB é normalmente zero, sendo que um valor positivo indica excesso de base e, um valor negativo, falta de base. Outros valores são utilizados com frequência como indicadores de EB, entre eles, CO_2 e bicarbonato no sangue. Segundo SANCHEZ *et al.* (1994), a relação $\text{HCO}_3^-:p\text{CO}_2$ deve permanecer constante para que o pH do sangue permaneça constante. Na tentativa de manter essa relação e, conseqüentemente o pH, constantes, se o HCO_3^- declinar, por exemplo, a $p\text{CO}_2$ precisa declinar também. Nesse caso, a respiração precisa aumentar para expelir CO_2 dos pulmões e reduzir a $p\text{CO}_2$. Desse modo, segundo GUYTON (1992), mudanças nos níveis de HCO_3^- ou na $p\text{CO}_2$ têm efeito direto no pH sanguíneo. O pH do sangue é altamente tamponado e mantido dentro de variações muito estreitas pelos rins e funções respiratórias (BLOCK, 1990).

Em vacas, o pH sanguíneo se encontra na faixa de 7,31 a 7,53, sendo mantido pelos mecanismos homeostáticos do corpo. Alterações severas no pH podem afetar a atividade de enzimas e a estrutura de receptores celulares, diminuindo a produtividade (GOFF citado por CAMPOS, 1998).

O balanço cátion-aniônico da dieta pode influenciar os parâmetros ácido-base do sangue, entretanto, estes somente se alterarão quando as compensações respiratória e renal forem incapazes de eliminar a carga ácida ou alcalina (PATIENCE, 1991).

WEST (1990) trabalhou com vacas em lactação durante condições ambientais de frio e calor, e utilizou quatro níveis de BCAD para cada uma delas. Observou resposta quadrática do pH do sangue com o aumento do BCAD, não diferindo nas fases (frio e calor). O bicarbonato do sangue foi menor em vacas recebendo o menor BCAD, também não diferindo nas fases. A $p\text{CO}_2$ do sangue aumentou linearmente com o aumento do BCAD e foi menor durante a fase quente do experimento. JACKSON *et al.* (1992) verificaram o efeito de quatro níveis de BCAD em bezerros e encontraram resposta quadrática para Ca, pH e $p\text{CO}_2$ sanguíneos, onde os valores destas variáveis aumentaram conforme o BCAD aumentou. O nível de Cl sanguíneo diminuiu quadraticamente com o aumento do BCAD. As variáveis Na e K não foram alteradas

pelos tratamentos. FREDEEN *et al.* (1988), alimentando cabras com dietas controle, catiônica ou aniônica, relataram que a dieta catiônica aumentou o nível de HCO_3^- no sangue, comparada com a dieta aniônica.

TUCKER *et al.* (1988a), trabalhando com vacas em lactação e quatro níveis de BCAD (-100, 0, +100 e +200mEq de (Na+K) – Cl/kg MS), encontraram aumento linear do pH e bicarbonato do sangue conforme o BCAD aumentou. Os níveis de Na e K no soro tenderam a ser maiores que os valores normais, enquanto o nível de Cl no soro diminuiu quando o BCAD aumentou. TUCKER *et al.* (1988b) relataram decréscimos nos teores de cloreto no sangue, quando o BCAD foi aumentado, sugerindo que esse parâmetro seria a variável mais afetada pelo BCAD. Não foram encontradas diferenças significativas nas concentrações de cálcio sérico, algumas horas depois da alimentação, porém, essas concentrações tenderam a ser maiores para as dietas aniônicas. DEL CLARO *et al.* (2002) observaram aumento no nível de cálcio total no soro de novilhos, 19 dias após o oferecimento de dieta aniônica (-150mEq/kg MS). No trabalho de DEL CLARO *et al.* (2006), as concentrações de Ca ionizado e Ca total no sangue de ovinos foram maiores para as dietas aniônicas.

TAURIAINEN (2003), estudando o efeito de duas dietas, uma controle com BCAD de +254mEq/kg MS, e uma aniônica com -41mEq/kg MS, no metabolismo de minerais e no status ácido-base de vacas leiteiras, observou alteração no balanço ácido-base do sangue. Já as concentrações de Ca ionizado e Ca total no plasma não foram influenciadas pelos tratamentos. FAUCHON *et al.* (1995), trabalhando com ovinos em crescimento e diferentes níveis de BCAD, não encontraram diferenças na concentração de Ca plasmático. ROCHE *et al.* (2005), em experimento conduzido com vacas lactantes e diferentes níveis de BCAD, observaram aumento linear do pH, bicarbonato, TCO_2 e pCO_2 com o aumento do BCAD. As concentrações de K e Cl diminuíram linearmente, a concentração de Ca ionizado aumentou e a de Na apresentou resposta quadrática conforme o BCAD aumentou. Segundo LECLERC e BLOCK (1989), diferenças significativas no nível de Ca sanguíneo de vacas alimentadas com diferentes BCADs, foram observadas apenas durante o período pós-parto, onde as concentrações de Ca no sangue foram menores em vacas alimentadas com o maior BCAD. No pré-parto não foram encontradas diferenças significativas nas concentrações de Ca no sangue. CAMPOS (1998) encontrou maiores concentrações de Ca total para vacas alimentadas com a dieta aniônica em relação à catiônica, 5 dias antes do parto.

No trabalho de TUCKER *et al.* (1991a), onde o BCAD para vacas em lactação variou de 0 a +300mEq/kg MS, o pH sanguíneo, a pCO_2 e os níveis de Na e K no plasma não foram afetados pelos tratamentos, já o nível bicarbonato no sangue foi menor para o menor BCAD. GOFF e HORST (1997), encontraram maior concentração de HCO_3^- no

sangue de vacas alimentadas com o maior BCAD. O menor BCAD proporcionou o menor pH do sangue. As concentrações de Na e K no plasma não foram afetadas pelo BCAD. A concentração de Ca no plasma diminuiu significativamente em vacas alimentadas com os maiores BCADs. WON *et al.* (1996) encontraram tendência à maiores níveis de Ca no plasma de vacas alimentadas com a dieta aniônica e alto Ca. No trabalho de GOMIDE *et al.* (2004b) a análise de regressão mostrou um efeito cúbico significativo do Ca no sangue de ovinos, em função da manipulação do BCAD. JACKSON e HEMKEN (1994) estudando o efeito de uma dieta positiva e outra negativa, em bezerros, verificaram que a dieta com maior BCAD proporcionou maior valor de pH e $p\text{CO}_2$ sanguíneos e menor concentração de Cl no sangue, enquanto a concentração de Ca não foi afetada pelas dietas.

WATERMAN *et al.* (1991), em experimento com vacas no meio da lactação e dietas com níveis diferentes de BCAD, observaram que o mais alto BCAD aumentou o nível de bicarbonato no sangue e Na plasmático. Nos trabalhos de ERDMAN *et al.* (1980) e COPPOCK *et al.* (1982), houve aumento do nível de Na no sangue, com o acréscimo do BCAD. No trabalho de KILMER *et al.* (1981), as concentrações de Na e K no sangue não foram afetadas pelo BCAD. WEST *et al.* (1991a) determinaram o efeito de diferentes níveis de BCAD, durante condições de frio e calor, em vacas em lactação. O pH do sangue e o bicarbonato foram menores para vacas recebendo a dieta com menor BCAD. A $p\text{CO}_2$ no sangue aumentou com o aumento do BCAD. Os níveis de Na no soro não foram afetados pelo BCAD e as concentrações de K mostraram resposta quadrática ao aumento do BCAD. O nível de Cl no soro foi mais alto na dieta com menor BCAD. GOMIDE *et al.* (2004a) avaliaram diferentes níveis de BCAD e encontraram aumento linear da concentração sódio, e nenhuma variação significativa para as concentrações de potássio e cloro no sangue, com o acréscimo do BCAD. COPPOCK *et al.* (1979) e FETTMAN *et al.* (1984), relataram que o cloro plasmático foi responsivo, apenas à concentração de cloretos na dieta.

WANG e BEEDE (1991), em experimento com vacas não gestantes e não lactantes, observaram maior pH sanguíneo para aquelas alimentadas com o maior BCAD. TUCKER *et al.* (1991b), ao trabalharem com novilhas leiteiras e quatro níveis de BCAD (-117; +81; +149 e +202mEq/kg MS) observaram aumento linear do bicarbonato do sangue conforme o BCAD aumentou. O menor BCAD causou aumento no nível de Cl no plasma em novilhas leiteiras. WEST *et al.* (1991b), avaliando diferentes níveis de BCAD em vacas holandesas em lactação, concluíram que houve alteração do equilíbrio ácido-base devido à maior alcalinidade da dieta. WEST *et al.* (1992), trabalhando com vacas em lactação e diferentes níveis de BCAD, encontraram aumento linear do pH do sangue e resposta cúbica do bicarbonato com o aumento do BCAD. Segundo SANCHEZ

et al. (1994), as concentrações de HCO_3^- no sangue, responderam quadraticamente, e a pCO_2 , cubicamente, com o aumento do BCAD. Houve aumento da concentração de sódio, e decréscimo do potássio e cloro no sangue, com o acréscimo do BCAD. ROGERS *et al.* (1985) não encontraram variação dos níveis séricos de sódio, como conseqüência da variação do BCAD. O nível de K no sangue diminuiu com o aumento do BCAD. As concentrações séricas de Ca não sofreram alterações em função da adição de bicarbonato de sódio nas rações.

TUCKER *et al.* (1994) estudaram o efeito do sesquicarbonato de sódio (0 ou 1%), com níveis de BCAD de +115 e +288mEq/kg MS, respectivamente, em vacas, durante todo o período de lactação. Os autores encontraram efeito alcalilogênico do sesquicarbonato de sódio, por aumentar o bicarbonato no sangue, a pressão de CO_2 e CO_2 total, durante os 308 dias de lactação. Segundo KRZYWIECKI *et al.* (2005), mudanças nos níveis de BCAD para vacas em lactação induziram diferenças significativas em alguns parâmetros do balanço ácido-base. No trabalho desses autores, o aumento no BCAD diminuiu a pCO_2 do sangue, e aumentou o pH sanguíneo. Segundo ZIA *et al.* (2001), durante a lactação, aumentando o BCAD, há aumento de pH e bicarbonato do sangue. PEHRSON *et al.* (1999) observaram diminuições significativas para a variável pCO_2 no sangue de vacas alimentadas com BCADs mais baixos. CHAN *et al.* (2005) avaliaram o efeito de diferentes níveis de dietas catiônicas no *status* ácido-base de vacas em lactação e não verificaram alteração no bicarbonato e nas concentrações de Ca, Na, K e Cl do sangue. JACKSON *et al.* (2001) encontraram maiores valores de bicarbonato e pressão de CO_2 e menores de Cl no sangue de bezerros holandeses alimentados com o maior BCAD. O pH e a concentração de Ca do sangue não foram alterados pelos diferentes BCADs.

ERDMAN (1988), avaliando o efeito de dietas tampões para vacas de leite em condições de estresse calórico, encontrou alterações na pressão de CO_2 , pH e bicarbonato do sangue, causados pela temperatura. Segundo o autor, embora o bicarbonato de sódio tenha tendência a aumentar o pH sanguíneo, o bicarbonato e a pCO_2 , não se pode afirmar que a resposta seja devida ao bicarbonato ou ao Na, quando estes valores são afetados pela alta temperatura. OETZEL *et al.* (1991) trabalharam com vacas não gestantes e não lactantes e observaram que o pH do sangue não foi afetado pelos diferentes BCADs. SETTI (2001), trabalhando com vacas holandesas e dois níveis de BCAD, relatou que as vacas alimentadas com o maior BCAD apresentaram maior nível de TCO_2 e pressão de CO_2 no sangue, duas semanas antes do parto. Não houve diferença significativa entre o alto e o baixo BCAD, para as variáveis Ca, Na, K e Cl no sangue. VAN MOSEL *et al.* (1993) estudaram os efeitos de dietas com diferentes BCADs (-4 e +572,5mEq/kg MS) para vacas de leite. Apesar das dietas terem afetado o estado

ácido-base das vacas, nenhuma alteração no pH do sangue, bicarbonato e $p\text{CO}_2$ foram observadas, sugerindo que a reabsorção renal de bicarbonato e a produção de amônia pelos túbulos renais foram provavelmente suficientes para tamponar a carga ácida produzida pela dieta aniônica. O nível de K no plasma foi significativamente maior ($P < 0,05$) em vacas alimentadas com a dieta aniônica, enquanto os níveis de Cl e Na não foram significativamente diferentes entre as dietas.

BORUCKI CASTRO *et al.* (2004) testaram o efeito de quatro níveis de BCAD no *status* ácido-base de vacas em lactação e verificaram que o pH e o bicarbonato sanguíneo aumentaram linearmente com o aumento do BCAD. A concentração de Ca ionizado no sangue aumentou com o decréscimo do BCAD. No trabalho de SCHONEWILLE *et al.* (1994), a concentração de bicarbonato no sangue foi menor para a dieta com BCAD mais baixo e a $p\text{CO}_2$ não foi influenciada pelas dietas. VAGNONI e OETZEL (1998) observaram maior valor de pH sanguíneo para vacas não lactantes, alimentadas com a dieta de maior BCAD. Os níveis de Ca, Na, K e Cl no sangue não foram afetados pelas dietas. GANT *et al.* (1998) não encontraram diferença significativa entre as dietas com maior e menor BCAD, para pH e pressão de CO_2 do sangue. SCHONEWILLE *et al.* (1999), avaliando o efeito de duas dietas, uma aniônica e outra catiônica, em vacas, encontraram maior valor de pH do sangue para o maior BCAD. A $p\text{CO}_2$ não foi significativamente diferente, mas sistemicamente reduzida pela dieta aniônica. As concentrações de Na e K no sangue total não foram afetadas pelas dietas. APPER-BOSSARD *et al.* (2006) trabalhando com vacas em lactação, dois níveis de concentrado e três de BCAD, encontraram aumento linear do pH e bicarbonato do sangue conforme o BCAD aumentou, independente do nível de concentrado.

DELAQUIS e BLOCK (1995a), estudando pequena variação positiva do BCAD em vacas, não observaram efeito para pressão parcial de CO_2 , concentrações de HCO_3^- e pH no sangue. A redução do BCAD não afetou a concentração de Na, K e Cl no plasma. DELAQUIS e BLOCK (1995b) relataram que um maior BCAD aumentou significativamente o pH sanguíneo e a concentração de HCO_3^- , quando comparado com o menor BCAD, para vacas no início da lactação. JOYCE *et al.* (1997), em experimento conduzido com vacas recebendo dois níveis de BCAD, encontraram, três dias antes do parto, maior $p\text{CO}_2$ no sangue para vacas alimentadas com o maior BCAD. TUCKER *et al.* (1992), avaliaram dois níveis de BCAD (+30 e -90mEq/kg MS) em vacas secas. A concentração do bicarbonato e a $p\text{CO}_2$ no sangue foram maiores para o BCAD mais alto. O nível de Cl no plasma não foi afetado significativamente pela dieta, apesar do maior conteúdo de Cl na dieta com menor BCAD. O nível de Ca no plasma foi maior para vacas alimentadas com a dieta com o mais baixo BCAD.

TAURIAINEN *et al.* (1998b), trabalhando com vacas Ayrshire e Holandesas, concluíram que a redução do BCAD aumenta a habilidade da vaca em manter a concentração de Ca no sangue. GOFF *et al.* (1991), em experimento com vacas leiteiras, encontraram maiores concentrações de Ca no sangue de vacas alimentadas com dieta aniônica. LEITE *et al.* (2003) avaliaram o efeito de três níveis de balanço cation-aniônico da dieta (+122,1; -8,8; e - 110,4mEq/kg MS) sobre os níveis de cálcio ionizado (iCa) e cálcio total (tCa) no plasma e a incidência de hipocalcemia subclínica em vacas holandesas. Não houve efeito significativo dos tratamentos sobre as variáveis avaliadas. BLOCK (1984), trabalhando com níveis de BCAD de +330,5 e -128,5mEq/kg MS, observou maior concentração plasmática de Ca nas vacas, durante o pré-parto, quando alimentadas com o BCAD negativo. GAYNOR *et al.* (1989), alimentando vacas com diferentes níveis de BCAD, encontraram níveis séricos de Ca e Na, semelhantes, entre as dietas experimentais, e maior teor sérico de K, para a dieta com menor BCAD.

SCHNEIDER *et al.* (1984), em experimento com vacas em lactação, estudaram os efeitos do estresse calórico e de dietas contendo bicarbonato de sódio e potássio, nas respostas de produção, no metabolismo de minerais e parâmetros ácido-base do sangue. Os autores não encontraram diferença entre as dietas para as concentrações séricas de sódio e potássio. NESTOR *et al.* (1988) encontraram aumento na concentração de Na e decréscimo do nível de K no sangue, com o aumento do BCAD. ESCOBOSA *et al.* (1984) e O'CONNOR *et al.* (1988) verificaram aumento dos níveis de sódio e potássio séricos conforme o BCAD aumentou.

No experimento de TUCKER e HOGUE (1990), o aumento dos níveis de potássio no sangue foi devido ao aumento da concentração de potássio na dieta e não ao BCAD utilizado. Segundo TUCKER *et al.* (1991c) o efeito do potássio dietético no K plasmático não tem apresentado resultados unânimes na literatura. Afirmaram também que adição de bicarbonato de sódio na ração de vacas não promoveu nenhuma variação na concentração sérica de Ca. TAKAGI e BLOCK (1991) obtiveram aumento nos teores de Ca plasmático com a elevação dos níveis do BCAD. No trabalho de SEYMOUR *et al.* (1992), o nível de Ca no plasma, antes do parto, foi maior para vacas alimentadas com dieta aniônica, entretanto, a diferença não foi significativa. OETZEL *et al.* (1988) não encontraram diferenças significativas para valores de Ca total no sangue, depois do parto, em vacas alimentadas com dietas aniônicas ou catiônicas. Entretanto, foram encontradas diferenças significativas para esta variável, no dia do parto, com maior valor apresentado em vacas alimentadas com dietas aniônicas.

2.4 BCAD e pH urinário

Segundo DAVENPORT (1973), além da concentração plasmática de bicarbonato, a quantidade de tampão na urina também é uma das variáveis bastante afetadas durante a alcalose ou acidose. Assim, a resposta do animal a um desafio ácido ou alcalino pode ser fornecida pelo monitoramento da composição da urina. DELAQUIS e BLOCK (1995a), trabalhando com vacas no início, meio e fim da lactação e dois níveis de dieta cátion-aniônica para cada estágio de lactação, encontraram redução na excreção de HCO_3^- na urina com o mais baixo BCAD em todos os estágios de lactação. Com o aumento do BCAD, os parâmetros ácido-base da urina foram afetados em todos os estágios de lactação.

O pH urinário de vacas é regulado pelos íons bicarbonato e amônio, e é alcalino sob condições normais (ERDMAN *et al.*, 1982). O pH da urina de ruminantes (exceto procedente de animais alimentados com dietas ricas em cereais) é básico, variando de 7,4 a 8,4 (CHURCH, 1977).

Segundo PATIENCE (1991), o pH da urina é um indicador muito útil da carga ácida ou alcalina, eliminada pela urina. O pH (potencial hidrogeniônico) da urina pode ser utilizado para monitorar o BCAD, sem a necessidade de rigorosos testes de alimentos (JARDON, 1995). A eficiência da dieta aniônica ou catiônica pode ser monitorada através do controle do pH urinário, principalmente no caso da utilização da dieta aniônica, onde a urina deve se tornar mais ácida, resultante da ingestão de ânions (DEL CLARO *et al.*, 2005a). Para DAVIDSON *et al.* (1995), quando sais aniônicos são oferecidos e o pH da urina é alto, indica algo errado na formulação, na mistura ou no consumo da dieta aniônica. Segundo VAGNONI e OETZEL (1998), a mensuração do pH urinário pode ser utilizada como ferramenta para diagnosticar a acidose metabólica em vacas alimentadas com dietas aniônicas. O pH da urina varia de acordo com as necessidades dos fluidos corporais para ácidos e bases (MILES e BUTCHER, 1993b).

TUCKER *et al.* (1991b), JAMES e WOHLT (1985) e ROGERS *et al.* (1985), encontraram maior pH urinário para dietas com mais alto BCAD, quando utilizaram NaHCO_3 na dieta. BORUCKI CASTRO *et al.* (2004) testaram o efeito de quatro níveis de BCAD no *status* ácido-base de vacas em lactação e verificaram aumento linear do pH urinário com o acréscimo do BCAD. VAN MOSEL *et al.* (1993), estudando os efeitos de dietas com diferentes BCADs (-4 e +572,5mEq/kg MS) para vacas de leite, encontraram menor pH urinário para a dieta com menor BCAD. JACKSON e HEMKEN (1994) obtiveram aumento no pH da urina com o aumento do BCAD. FAUCHON *et al.* (1995), encontraram efeito linear, com o pH urinário variando de 6,82 a 8,60 e o BCAD variando de +4 a +580mEq/kg MS. No trabalho de GOMIDE *et al.* (2004b), o pH da urina não

apresentou variação estatisticamente significativa. TAURIAINEN *et al.* (1998a) encontraram queda no pH urinário, quando o BCAD foi diminuído de +340 para +31mEq/kg MS. Nos trabalhos de WALKER *et al.* (1998) e WILSON *et al.* (1998), o menor BCAD diminuiu o pH urinário. JACKSON *et al.* (1992) observaram aumento do pH urinário de bezerros quando o BCAD aumentou de -180 para +380mEq/kg MS.

SCHONEWILLE *et al.* (1999), testando uma dieta positiva e outra negativa, observaram maior pH da urina para vacas alimentadas com a dieta positiva. PEHRSON *et al.* (1999) encontraram decréscimo no pH urinário de vacas, com uso de dietas negativas. DEL CLARO *et al.* (2002), em experimento com novilhos, observaram queda no pH urinário, quando foi oferecida dieta aniônica em comparação à basal. FREDEEN *et al.* (1988), trabalhando com vacas em lactação no pré-parto e três tratamentos (controle, catiônico e aniônico), observaram aumento do pH com o tratamento catiônico. DEL CLARO *et al.* (2005a) testaram cinco níveis de BCAD, variando de -160 a +500mEq/kg MS, em ovinos e encontraram efeito quadrático significativo, com o pH urinário aumentando com o acréscimo do BCAD. TUCKER *et al.* (1988a), testaram quatro níveis de BCAD (-100, 0, +100 e +200mEq de (Na+K) - Cl/kg MS) em vacas em lactação e verificaram que o pH da urina aumentou quadraticamente com o aumento do BCAD. ROCHE *et al.* (2005), em experimento conduzido com vacas lactantes e BCADs variando de +230 a +880mEq/kg de MS, observaram resposta quadrática para o pH urinário com o aumento do BCAD.

GHORBANI *et al.* (1989), trabalhando com vacas de leite e utilizando sais de bicarbonato de sódio e sesquicarbonato de sódio nas rações, encontraram maiores valores no pH da urina para os animais que se alimentaram da dieta com bicarbonato de sódio (8,15), quando comparado ao sesquicarbonato (8,09) e ao tratamento controle (8,05). TAURIAINEN (2003) em experimento com vacas leiteiras alimentadas com uma dieta catiônica e uma aniônica observaram que o menor BCAD proporcionou redução no pH urinário. TUCKER e HOGUE (1990) não obtiveram alterações no pH da urina, em função das dietas. WATERMAN *et al.* (1991) trabalharam com vacas no meio da lactação e dietas com níveis diferentes de BCAD, onde a dieta basal continha 0mEq de (Na+K) - Cl/kg MS e os níveis foram atingidos com adição de Na+K ou Mg na dieta basal, e verificaram aumento do pH da urina com ambas as fontes e concentrações de cátion na dieta.

TAURIAINEN *et al.* (2001) avaliaram o efeito de três níveis de BCAD (+107, +298 e +571mEq/kg MS) no pH urinário de vacas da raça Ayshire e verificaram que esta variável foi reduzida significativamente pelo menor BCAD. No trabalho de WEST *et al.* (1991a) foi avaliado o efeito de diferentes níveis de BCAD, durante condições de frio e calor, em vacas em lactação. Os autores observaram aumento no pH da urina com o

acréscimo do BCAD. KIM *et al.* (1997) conduziram um experimento para testar diferentes níveis de BCAD (+50, +150 e +300mEq/kg MS) em novilhas, e concluíram que o acréscimo do BCAD promoveu o aumento do pH urinário. JACKSON *et al.* (2001) encontraram maiores valores de pH urinário para bezerras holandeses alimentados com o maior BCAD. No experimento de LEITE *et al.* (2003) com vacas holandesas, o menor BCAD proporcionou menor valor de pH urinário.

2.5 BCAD e Desempenho animal

A homeostase ácido-base tem prioridade fisiológica ao crescimento, à lactação ou à reprodução, segundo FAUCHON *et al.* (1995). Um mecanismo que poderia explicar a relação entre o BCAD e o desempenho animal é a bomba de Na^+ e K^+ . Esta é responsável pela manutenção de altos níveis de K^+ e baixos níveis de Na^+ dentro da célula. Por ser um mecanismo ativo, envolve energia na forma de ATP. Esse processo é responsável pelo consumo de aproximadamente 40% da energia de manutenção. A bomba de Na^+ - K^+ opera constantemente e independe de outros processos metabólicos, entretanto, promove a entrada de glicose para a célula. Como a glicose é uma fonte de energia celular, a redução no funcionamento da bomba Na^+ - K^+ pode prejudicar as células, especialmente as da glândula mamária, que necessitam de grandes quantidades de glicose para a síntese de lactose. O excesso de um cátion em relação ao outro pode causar um aumento da velocidade da bomba, com conseqüente demanda adicional de energia para a manutenção celular, ou uma redução na velocidade, levando a célula a utilizar menor quantidade de energia (BLOCK, 1994).

Alguns autores apresentaram certos níveis de BCAD para obtenção de melhores desempenhos animais. PATIENCE *et al.* (1987) preconizaram um BCAD de 0 à +341mEq/kg MS para suínos em crescimento atingirem o melhor desempenho. MONGIN (1981) concluiu que um BCAD ao redor de +250mEq/kg MS é necessário para o crescimento máximo de frangos.

Com relação à nutrição de ruminantes, não há recomendação de níveis ótimos de BCAD devido à falta de pesquisas. Segundo BLOCK (1990), muitas funções metabólicas são manipuladas pela alteração do equilíbrio ácido-base. Contudo, algumas funções respondem melhor em balanço positivo, e outras em balanço negativo, portanto, recomendações específicas para BCADs ótimos tornam-se complexas. Entretanto, FAUCHON *et al.* (1995), conseguiram o maior desenvolvimento de ovinos em crescimento com BCAD entre +500 e +700mEq/kg MS. Na bovinocultura de corte, ROSS *et al.* (1994a) sugeriram dietas entre +150 e +300mEq/kg MS para o melhor desempenho de novilhos Angus em crescimento. Para bovinos Angus em terminação o melhor

desenvolvimento foi proporcionado pelo BCAD de +150mEq/kg MS (ROSS *et al.*, 1994b). O BCAD para vacas secas deveria ser negativo e variar de -100 a -150 mEq/kg MS (SANCHEZ e BLAUWIEKEL, 1995). Entretanto, BLOCK (1984) indicou que o BCAD crítico para vacas no pré-parto estaria entre +62 e -128mEq/kg MS. De acordo TUCKER *et al.* (1988b), o máximo desempenho de vacas em lactação pode ser conseguido com BCADs entre +200 e +375mEq/kg MS. Já segundo SANCHEZ e BEEDE (1996), o melhor BCAD para vacas em lactação se encontra entre +250 e +500mEq/kg MS.

HARRIS (1993) sugeriu que rações balanceadas negativamente favorecem vacas no período pré-parto, enquanto rações balanceadas positivamente favorecem vacas em lactação, proporcionando níveis maiores de produção de leite. Segundo ERDMAN (1982), com o progresso da lactação, o pH e a concentração de bicarbonato do sangue aumentam, sugerindo que vacas no final da lactação são mais susceptíveis à alcalose, enquanto vacas no início da lactação são mais susceptíveis à acidose. O BCAD para vacas deveria ser alto no início da lactação e diminuir no seu decorrer, de tal forma a ser negativo, de 3 a 4 semanas antes do parto, com a finalidade de se evitar a paresia puerperal (BYERS ,1994). Esta é uma desordem metabólica, que acomete vacas leiteiras logo após o parto, sendo caracterizada pela incapacidade de algumas, em suprir o rápido aumento da demanda do cálcio, ocasionando queda brusca no nível sérico deste mineral (GOFF *et al.*, 1991).

A manipulação ácido-base através de BCAD, é um fator de indução e prevenção da paresia puerperal. DISHINGTON (1975) foi o primeiro a perceber que a incidência da febre do leite em vacas no pós-parto foi reduzida quando os ânions Cl e S estavam em excesso na dieta em relação aos íons Na e K, durante o período seco. A razão para isso é que dietas aniônicas mantêm os níveis de Ca e P séricos durante o período de stress de Ca.

Durante a lactação, aumentando o BCAD, pode haver aumento da IMS, sugerindo um benefício de alimentos catiônicos (ZIA *et al.* 2001). Dietas altamente catiônicas para vacas em lactação, têm aumentado a ingestão de matéria seca (IMS) e a produção de leite, minimizando os efeitos do estresse pelo calor. Vacas em lactação devem ter o BCAD altamente positivo (catiônico), já que esses ruminantes apresentam altas taxas metabólicas e, portanto, o ambiente celular tende a tornar-se ácido. Para tanto, é necessário que as concentrações dos íons Na e K, na dieta, sejam mais elevadas em relação aos íons Cl e S, promovendo efeitos alcalinogênicos em oposição à condição acidótica (BLOCK, 1994). Tal hipótese encontra suporte nos trabalhos realizados por TUCKER *et al.* (1988a) e WEST *et al.* (1991a). Segundo JACKSON *et al.* (2001) um rebanho em lactação deve receber uma dieta catiônica, com a inclusão de NaHCO_3 , para impedir a acidose ruminal e manter a porcentagem da gordura de leite.

2.6 BCAD e Ingestão de matéria seca

BLOCK (1994), a partir de dados para gado de leite, calculou o BCAD individual, em mEq/kg de MS, para alguns alimentos utilizados na formulação de rações. Entre os alimentos catiônicos mais utilizados, citou o feno de alfafa (+431,1), o farelo de soja (+266,37), a silagem de milho (+156,4), o milho em grãos (+18,8). Já entre os aniônicos, citou a aveia (-26,95), a farinha de peixe (-75,6), além da cevada (-23,4).

Os alimentos apresentam grande variação nos seus BCAD. Em geral, os grãos não processados apresentam os mais baixos valores e as forragens, que possuem alto teor de potássio, valores mais elevados (GOMIDE, 1996). O balanço cátion-aniônico dietético, situado na faixa de -27 a +19mEq/kg de MS, é considerado, para fins práticos, igual a zero e, é encontrado nos grãos de milho, trigo, entre outros (BLOCK, 1994). A maior parte dos alimentos utilizados no arrazoamento animal possui BCAD positivo. Na prática, para o oferecimento de BCAD negativo, costuma-se utilizar sais aniônicos, geralmente fontes de cloro ou enxofre. Segundo o NRC (1989), as propriedades de acidificação de um sal dependem da absorção preferencial do ânion em relação ao cátion. Por exemplo, o cloreto de cálcio é um sal acidificante porque o Cl é absorvido mais eficientemente que o Ca. O BCAD pode ser aumentado pela utilização de fontes de sódio ou potássio, como o bicarbonato e o sesquicarbonato de sódio, o bicarbonato de potássio, entre outros.

Segundo SCHNEIDER *et al.* (1986), o aumento na produção leiteira de vacas em estresse calórico, devido ao consumo de bicarbonato de sódio, pode ser causado pelo aumento de sódio e não pela necessidade do bicarbonato. Em contrapartida, ERDMAN (1988) sugeriu que as respostas obtidas para vacas de leite pareciam ser mais consistentes quando o sódio era adicionado na forma de bicarbonato em vez de cloreto, definindo que a adição do bicarbonato de sódio tem um papel específico. Segundo BLOCK (1994), a adição de bicarbonato de sódio pode aumentar mais o valor do BCAD do que quando o cloreto de sódio é utilizado. Isso ocorre porque o íon bicarbonato não participa da equação do BCAD e, o cloreto participa, portanto, o NaHCO_3 pode ser mais alcalinogênico do que o NaCl , mesmo quando se inclui a mesma quantidade do íon sódio nas duas fontes. Segundo LEACH (1979), o sódio possui um potencial alcalinogênico que pode ser prejudicial quando não balanceado com o cloreto, portanto, quando houver suplementação de dietas, com bicarbonato de sódio, para vacas leiteiras, deve-se tomar o cuidado de alterar o NaCl para compensar o íon sódio extra.

Existem diversos trabalhos na literatura mencionando o uso de substâncias alcalinogênicas, como por exemplo, o bicarbonato de sódio em dietas com altas concentrações de grãos, para gado de corte e leite. Em geral, os resultados desses

trabalhos têm sido inconsistentes, entretanto, em muitos desses estudos, quando expressos em termos de cátions e ânions, o BCAD tem ajudado a explicar, pelo menos parte da variabilidade dos resultados encontrados (GOMIDE, 1996).

Segundo alguns autores, como HORST *et al.* (1994), VAGNONI e OETZEL (1998), MOORE *et al.* (2000), a adição de sais aniônicos promove queda na ingestão de matéria seca. Segundo LEEK e HARDING citados por FORBES (1995), existem quimiorreceptores localizados no rúmen e retículo, cuja atividade depende do pH, sugerindo que a IMS diminui com a queda do pH ruminal.

COPPOCK *et al.* (1982) demonstraram que vacas em lactação alimentadas com dieta contendo CaCl_2 a 1%, apresentaram um decréscimo no consumo de MS, devido à redução na palatabilidade. Segundo YEN *et al.* (1981) que empregou doses elevadas de CaCl_2 em ração de suínos, a redução no consumo foi explicada pela ocorrência de acidose metabólica, causada pela adição do cloreto à dieta, indicando que a alteração no equilíbrio ácido-base pode levar à redução do desempenho animal. RUDE e RANKINS (1997) não encontraram diferenças no consumo de matéria seca de vacas em lactação, alimentadas com algumas dietas, tendo uma delas a inclusão do sal aniônico cloreto de amônia. JACKSON e HEMKEN (1994), fornecendo dietas de -180 a +130mEq/kg MS na forma de ração total, a bezerros, não encontraram diferenças na IMS. JACKSON *et al.* (2001), em experimento desenvolvido com bezerros holandeses e BCAD de 0 e +200mEq/kg MS, não observaram alterações na IMS. CHAN *et al.* (2005) avaliaram o efeito de diferentes níveis de BCAD em vacas em lactação e não verificaram variação significativa na IMS. Dessa forma, observa-se que muitos estudos ainda devem ser feitos para que conclusões possam ser tiradas a respeito da variação no consumo de MS.

Em paralelo, o aumento da ingestão de matéria seca com BCADs mais altos é bem documentado. WEST (1990), trabalhando com vacas em lactação durante condições ambientais de frio e calor e utilizando quatro níveis de BCAD para cada condição, observou aumento da IMS, de forma quadrática, conforme houve aumento do BCAD. WEST *et al.* (1992), arraçoando vacas holandesas em lactação com diferentes níveis de BCAD, observaram aumento linear da ingestão de matéria seca conforme o BCAD aumentou. JACKSON *et al.* (1992), encontraram respostas quadráticas da IMS com aumento do BCAD. APPER-BOSSARD e PEYRAUD (2004), trabalhando com vacas em lactação, dois níveis de concentrado (20 ou 40%) e três níveis de BCAD (0, +150 e +300mEq/kg MS), observaram que a ingestão de alimentos aumentou conforme houve aumento do BCAD. As respostas foram melhores para as dietas com 40% de concentrado. ROSS *et al.* (1994a), alimentando novilhos em crescimento com alguns níveis de BCAD, observaram efeito linear positivo do BCAD com a IMS, até o 84º dia de experimento. No trabalho de ROSS *et al.* (1994b), com bovinos em terminação, houve

efeito linear significativo nos primeiros 28 dias e, efeito quadrático até o 84º dia de experimento. FAUCHON *et al.* (1995), trabalhando com cordeiros e diferentes valores de BCAD, verificaram efeito linear significativo na IMS.

TUCKER *et al.* (1994) estudando o efeito do sesquicarbonato de sódio (0 ou 1%) e BCADs de +115 e +288mEq/kg MS, respectivamente, em vacas, encontraram tendência ao maior consumo de matéria seca para o tratamento com adição do tampão. No trabalho de APPER-BOSSARD *et al.* (2006) com vacas em lactação, dois níveis de concentrado e três de BCAD, a IMS apresentou resposta linear com o acréscimo do BCAD, somente para a dieta com maior nível de concentrado. DELAQUIS e BLOCK (1995a), trabalhando com vacas no início, meio e fim da lactação e dois níveis de dieta cátion-aniônica para cada estágio de lactação, encontraram um aumento na ingestão de matéria seca em vacas no início e meio da lactação, conforme aumentou o BCAD. DEL CLARO *et al.* (2005b) encontraram aumento linear da ingestão de matéria seca, em ovinos alimentados com diferentes BCADs.

2.7 BCAD e Desempenho lactacional de vacas

Como abordado anteriormente, dietas altamente catiônicas para vacas lactantes, além de aumentar a ingestão de matéria seca, também exercem influência na produção e composição do leite.

De acordo com KRZYWIECKI *et al.* (2005), mudanças nas diferenças cátion-aniônicas das dietas induziram diferenças significativas na composição do leite. No trabalho desses autores, com vacas em lactação, o aumento no BCAD aumentou a gordura do leite. TUCKER *et al.* (1988a), avaliando quatro níveis de BCAD em vacas em lactação, encontraram aumento de 8,6% na produção de leite, quando comparados o maior e o menor nível. BORUCKI CASTRO *et al.* (2004) trabalhando com vacas em lactação e quatro níveis de BCAD, não observaram alteração na produção de leite. SANCHEZ *et al.* (1990) conduziram um experimento com vacas Holandesas no meio da lactação e verificaram que o menor BCAD de +130mEq de (Na+K) - Cl/kg MS apresentou menores valores de produção de leite. WEST (1990) trabalhou com vacas em lactação durante condições ambientais de frio e calor. Para cada condição utilizou quatro níveis de BCAD. Observaram aumento linear na produção de leite com o aumento do BCAD em ambas condições ambientais.

No trabalho de ROCHE *et al.* (2005), a produção de leite de vacas recebendo diferentes BCAD não foi afetada. A porcentagem de gordura do leite aumentou linearmente com o aumento do BCAD. O pH do leite não foi influenciado pelas dietas. WATERMAN *et al.* (1991), em experimento com vacas no meio da lactação e dietas com

níveis diferentes de BCAD, onde a dieta basal continha 0mEq de (Na+K) - Cl/100 g de MS e os níveis foram atingidos com adição de Na+K ou Mg na dieta basal, observaram que a produção de leite e a porcentagem de proteína aumentaram com o aumento da ingestão de matéria seca para dietas com Na+K. A alta concentração de cátion aumentou a porcentagem de gordura do leite. O BCAD usando Mg não teve efeito em alguns dos parâmetros de produção observados.

APPER-BOSSARD e PEYRAUD (2004) avaliaram o desempenho de vacas em lactação recebendo dois níveis de concentrado (20 ou 40%) e três níveis de BCAD (0, +150 e +300mEq/kg MS). A produção de leite aumentou com o aumento do BCAD, sendo os melhores resultados obtidos com as dietas de mais alto concentrado. WEST *et al.* (1992), estudaram diferentes níveis de BCAD e duas fontes de cátion (Na e K) para vacas holandesas em lactação. As concentrações de gordura e proteína do leite não sofreram alteração nos diferentes níveis de BCAD. Houve aumento da gordura do leite para a fonte de Na quando comparada com a fonte de K. Apesar do aumento da IMS com o aumento do BCAD, não houve alteração na produção de leite, talvez devido ao curto período experimental (14 dias). No trabalho de ESCOBOSA *et al.* (1984) não houve efeito significativo das dietas sobre a produção de leite. CHAN *et al.* (2005) avaliaram o efeito de diferentes níveis de dietas catiônicas no desempenho de vacas em lactação e não verificaram alteração na produção de leite e na porcentagem de gordura.

TUCKER *et al.* (1994) conduziram um experimento para testar o efeito do sesquicarbonato de sódio (0 ou 1%) e dois níveis de BCAD, na IMS, produção e composição de leite e parâmetros ácido-base, em vacas durante todo o período de lactação. A adição do tampão tendeu a aumentar a IMS e a proteína do leite. No início da lactação a adição de sesquicarbonato de sódio não alterou a produção ou composição do leite, entretanto, no meio da lactação houve aumento da proteína do leite. No final da lactação a gordura e proteína do leite aumentaram com a suplementação do sesquicarbonato. Os autores concluíram que o efeito da dieta tampão foi mais efetivo no final da lactação. DELAQUIS e BLOCK (1995a), trabalhando com vacas no início, meio e fim da lactação e dois níveis de BCAD para cada estágio de lactação, encontraram um aumento na produção de leite em vacas no início e meio da lactação, conforme aumentou o BCAD, não sendo observado efeito benéfico no fim da lactação. WARD e Mc CORMICK (2000) não observaram alteração na produção de leite de vacas alimentadas com diferentes níveis de BCAD.

WEST *et al.* (1991a) determinaram o efeito de diferentes níveis de BCAD, durante condições de frio e calor, em vacas em lactação e observaram resposta linear positiva na produção de leite com o aumento do BCAD. SANCHEZ *et al.* (1997), trabalharam com vacas no meio da lactação e BCAD variando de +250 a +400mEq de (Na+K) - Cl/kg MS

com adição de misturas de NaHCO_3 , NaCl e KCl em diferentes proporções. Nenhuma das dietas teve impacto significativo no desempenho lactacional. SETTI (2001) relatou que não houve diferença significativa entre as dietas catiônica e aniônica, para produção de leite e pico de produção de leite. Segundo ZIA *et al.* (2001), durante o pico da lactação, a produção de leite responde positivamente ao maior BCAD (+200 comparado com -100mEq/kg MS). As porcentagens de gordura e proteína do leite aumentam com o aumento do BCAD. No trabalho de CAMPOS (1998) não houve efeito das dietas para produção de leite de vacas consumindo dieta aniônica ou catiônica. APPER-BOSSARD *et al.* (2006) testaram dois níveis de concentrado e três de BCAD em vacas em lactação e encontraram aumento linear na produção de leite corrigido a 4% de gordura e na porcentagem de gordura do leite com o aumento do BCAD. Esse aumento, entretanto só ocorreu para a dieta de maior nível de concentrado. O pH do leite não foi afetado pelos tratamentos.

KILMER *et al.* (1981), ao trabalharem com adição de bicarbonato de sódio às rações de vacas, em substituição ao cloreto e, com conseqüente aumento do BCAD, não obtiveram, como resultado, reduções nos teores de gordura do leite. Os autores encontraram pouca ou nenhuma resposta dos animais no decorrer do experimento. Segundo GOMIDE (1996), os efeitos da adição do bicarbonato de sódio na correção de níveis baixos de gordura no leite de vacas alimentadas com dietas contendo baixa relação forragem/concentrado, não são claros e poderiam ser melhor explicados através do BCAD das mesmas. KENNELLY *et al.* (1999) em estudo conduzido com vacas holandesas, com a inclusão de bicarbonato de sódio e diferentes relações volumoso:concentrado, concluíram que a adição do tampão em dieta de alto concentrado diminui a gordura do leite. RAMANA *et al.* (2002) estudando o efeito da adição do bicarbonato de sódio na composição e produção de leite em vacas cruzadas, encontraram aumento na gordura do leite, entretanto, não encontraram efeito significativo na produção e porcentagem de proteína do leite.

A partir dos trabalhos encontrados na literatura, pode-se observar que os resultados relacionados à produção e, principalmente, à composição do leite, são bastante divergentes, havendo necessidade de maiores estudos sobre o assunto.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local

O experimento foi conduzido na Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos - USP, Campus de Pirassununga, no período de dezembro de 2003 a fevereiro de 2004.

3.2 Animais

Foram utilizadas oito vacas da raça Holandesa, múltiparas, que se encontravam em período pós-pico de lactação. As vacas possuíam escore entre 3,0 e 3,5, peso entre 550 e 600kg e produção média de 6700kg/lactação. Os animais selecionados eram oriundos do rebanho da Prefeitura do Campus da USP de Pirassununga.

3.3 Instalações

Os animais foram alocados em baias individuais, contendo cocho, e bebedouro automático (Figura 1). Na parte coberta das baias foi colocado bagaço de cana para servir de cama, proporcionando maior conforto aos animais (Figura 2).



Figura 1. Baias individuais.



Figura 2. Baias com bagaço de cana.

3.4 Tratamentos

Foram oferecidas quatro dietas aos animais, diferindo nas concentrações de bicarbonato de sódio, de modo que apresentassem diferentes valores de BCAD. Esses valores foram calculados em mEq de $(Na+K) - (Cl+S)/kg$ MS. Dessa forma, os animais receberam quatro diferentes níveis de BCAD (+150; +250; +400 e +500mEq/kg MS). O tratamento com +150mEq/kg MS não tinha a adição de bicarbonato de sódio.

3.5 Alimentação

As rações utilizadas na alimentação dos animais foram formuladas com os mesmos ingredientes da ração que recebiam antes do experimento, entretanto, com adição de diferentes concentrações de bicarbonato de sódio. A dieta foi oferecida na forma de ração total, com 60% de concentrado e 40% de volumoso, formuladas com base nos requerimentos do NRC (2001). A Tabela 1 apresenta a proporção dos ingredientes, a composição químico-bromatológica e a composição percentual de alguns minerais nas dietas.

Tabela 1. Composição percentual dos ingredientes e de alguns minerais e análise bromatológica (%) das dietas experimentais (volumoso + concentrado), em base seca, e respectivos BCADs em mEq/kg de MS.

Ingredientes	+159	+269	+401	+503
Silagem de milho	40,21	40,03	39,87	39,84
Milho grão	25,19	24,87	24,43	24,07
Soja extrusada	32,77	32,35	31,80	31,30
Suplemento mineral	0,60	0,60	0,60	0,60
Calcário	0,60	0,60	0,60	0,60
Óxido de magnésio	0,63	0,63	0,63	0,63
NaHCO ₃	0	0,95	2,09	2,98
Composição centesimal				
Matéria seca	68,66	68,56	68,68	68,69
Proteína Bruta	20,15	20,09	20,21	19,24
Fibra Bruta	9,41	9,29	9,17	9,12
Extrato Etéreo	10,72	10,54	10,26	13,61
Matéria Mineral	6,99	7,97	8,55	9,87
Extrato não nitrogenado	52,73	52,11	51,81	48,16
Minerais				
Sódio	0,07	0,33	0,64	0,88
Potássio	1,24	1,23	1,21	1,20
Cloro	0,24	0,20	0,21	0,24
Enxofre	0,20	0,18	0,19	0,21

3.6 Procedimento experimental

Os animais foram levados às baias, uma semana antes do início do experimento, para que houvesse uma adaptação ao local e ao bebedouro automático. Após a adaptação, os animais foram pesados e iniciou-se a fase experimental, que teve duração de 72 dias. Esta fase foi composta por quatro períodos de 18 dias, sendo os 16 primeiros, de adaptação à dieta, para evitar o efeito residual, e os últimos 2 dias, de colheita.

Os tratamentos foram sorteados e os animais passaram a ser alimentados nos cochos, na parte da manhã, em aproximadamente 3,3% do peso vivo, visando cerca de 10% de sobras. Diariamente as sobras eram pesadas, para posterior cálculo de ingestão de matéria seca. No fim de cada período os animais eram pesados, para que houvesse ajuste no fornecimento das dietas. A água foi fornecida *ad libitum*, através dos bebedouros automáticos.

A silagem de milho e as rações fornecidas aos animais foram amostradas semanalmente, para posteriores análises.

A produção de leite foi mensurada individualmente e diariamente, entretanto, os valores de produção utilizados nas análises foram os referentes aos últimos oito dias de cada período, para evitar o efeito residual da dieta fornecida anteriormente. No primeiro dia de colheita de cada período foram retiradas amostras de leite (Figura 3), das duas ordenhas, para posteriores análises de gordura, acidez titulável, pH, índice crioscópico, e densidade.

A temperatura corporal dos animais foi determinada através da temperatura retal, no primeiro dia de cada período de colheita.

A urina foi amostrada no primeiro dia de colheita, através de estimulação manual (Figura 4), para análise imediata do pH.

As amostras de sangue foram colhidas no segundo dia de colheita de cada período experimental, através de punção da veia jugular (Figura 5), para análises de pH, bicarbonato, pressão de CO₂, CO₂ total, Ca, Na, K e Cl.

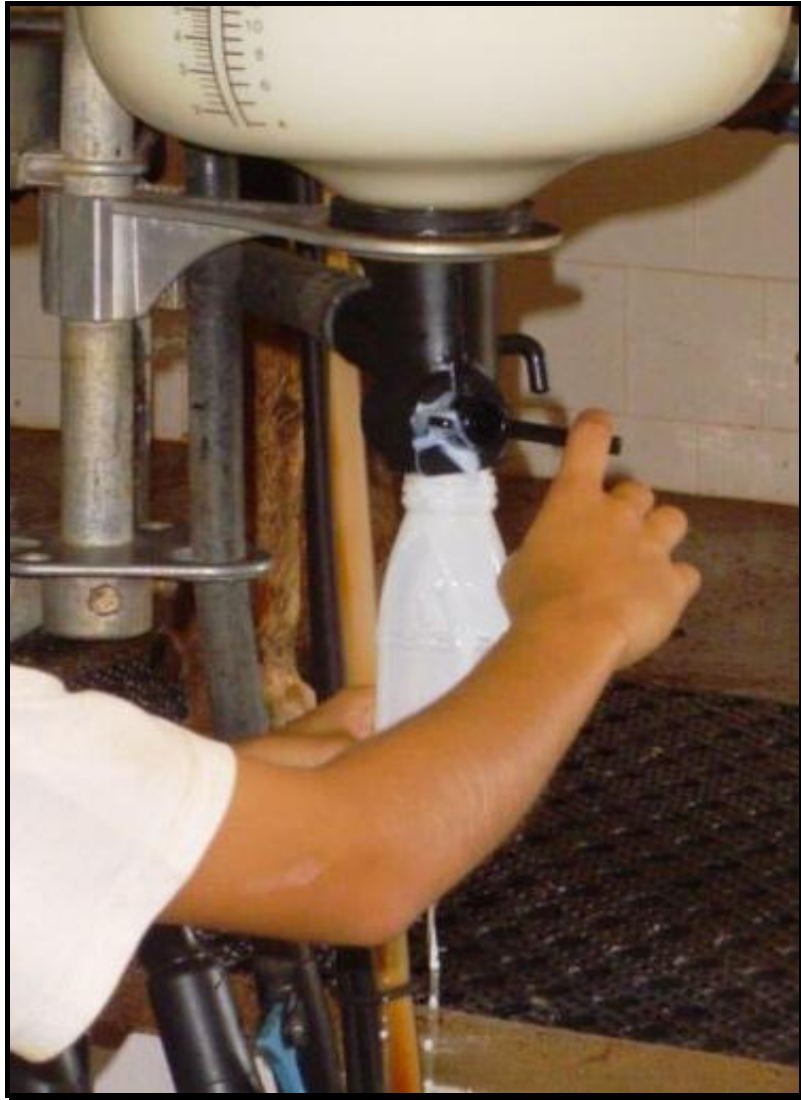


Figura 3. Amostragem de leite.



Figura 4. Estimulação vulvar.



Figura 5. Colheita de sangue.

3.7 Procedimento analítico

As determinações de matéria seca e matéria mineral para a silagem de milho e o concentrado obedeceram às recomendações da AOAC (1990). As amostras de silagem de milho passaram por um processo de pré-secagem. Foram pesadas, colocadas em bandejas com pesos pré-determinados, sendo então direcionadas para a estufa à 65°C com ventilação forçada de ar por 72 horas e em seguida foram moídas. Todas as amostras, tanto da silagem (após a pré-secagem), como do concentrado, foram pesadas e colocadas em estufa a 105°C por quatro horas, com posterior pesagem, para a determinação da matéria seca total. A matéria seca da silagem de milho foi obtida através do resultado das duas secagens. Para a determinação da matéria mineral, após a queima em mufla, as amostras foram solubilizadas com solução de ácido clorídrico 10N e, em seguida, diluídas. O sódio e o potássio foram determinados através de fotômetro de chama. O enxofre, por turbidimetria em sistema "Flow Injection Analysis". O cloro foi determinado através de titulometria com nitrato de prata.

As análises das amostras de leite foram realizadas logo após a colheita das mesmas, segundo as NORMAS ANALÍTICAS DO INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985). O pH foi determinado através de leitura em um pH-metro digital (Figura 6). A acidez, conforme o método clássico de Dornic, onde foram transferidos 10ml da amostra para um béquer, adicionando em seguida 10 gotas de fenolftaleína. A titulação foi realizada com solução de Dornic até aparecimento de coloração levemente rósea (Figura 7). A leitura foi feita através do volume de solução gasto (cada 0,1 ml da solução = 1° Dornic). A determinação da densidade foi feita por termolactodensímetro de Quevenne 15°C. Para tanto foi necessário transferir para uma proveta de 250ml todo o conteúdo de leite (previamente homogeneizado e numa temperatura de 15°C) medindo o seu volume. O termolactodensímetro foi introduzido lentamente na proveta, fazendo a leitura na altura do nível do líquido. Em seguida, levantou-se um pouco o termolactodensímetro, enxugando a haste com papel e girando-o logo após. Foi mergulhado novamente até próximo ao traço observado anteriormente e esperou-se que a coluna de mercúrio do termômetro e o densímetro se estabilizassem para realizar as leituras. A densidade deve ser expressa a 15°C. Como as amostras não apresentaram esta temperatura foi necessário fazer a correção através de tabelas. O índice crioscópico foi determinado através de leitura digital em aparelho de crioscopia eletrônica (Figura 8). E a gordura do leite, pelo método de Gerber, onde foi colocado no butirômetro, respectivamente, 10ml de ácido sulfúrico densidade 1,820, 11ml de leite, com cuidado para não misturar com o ácido e 1ml de álcool isoamílico. O butirômetro foi fechado com rolha apropriada e agitado, invertendo várias vezes para ocasionar a mistura dos 3 líquidos. Em seguida, foi

centrifugado, durante 5 minutos, à 1000-1200 rpm, em centrífuga de Gerber. O butirômetro foi retirado, mantendo a rolha para baixo, e houve manejo da mesma para colocar a camada de gordura dentro da escala do butirômetro. A leitura foi feita na parte inferior do menisco, apresentando diretamente a porcentagem de gordura.

A partir das amostras de sangue foram realizadas análises imediatas de pH, bicarbonato, pressão de CO₂, CO₂ total, sódio, potássio e cloro, através de um analisador clínico portátil (i-STAT Portable Clinical Analyser) (Figura 9). Para a realização das análises, algumas gotas de sangue eram colocadas em cartuchos (Figura 10), que por sua vez, eram inseridos no aparelho. Após alguns minutos os resultados eram fornecidos. O cálcio total no soro foi analisado através de Kit da marca LABORTEST.



Figura 6. Análise de pH do leite.



Figura 7. Análise de acidez do leite.



Figura 8. Aparelho de crioscopia eletrônica.



Figura 9. Aparelho i-STAT.

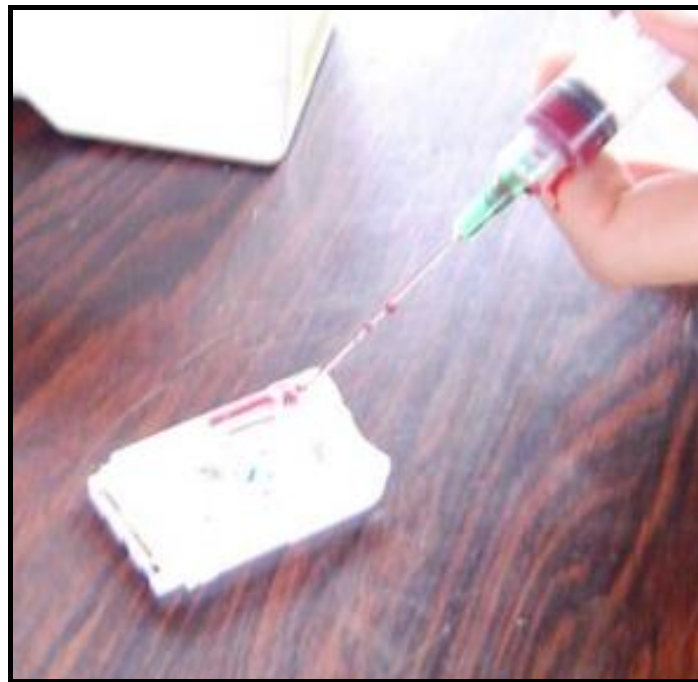


Figura 10. Análise do sangue.

3.8 Análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi o quadrado latino (4X4), replicado, conforme exemplo abaixo.

	P _I	P _{II}	P _{III}	P _{IV}
A ₁	150 mEq	250 mEq	400 mEq	500 mEq
A ₂	250 mEq	400 mEq	500 mEq	150 mEq
A ₃	400 mEq	500 mEq	150 mEq	250 mEq
A ₄	500 mEq	150 mEq	250 mEq	400 mEq

P - Período.

A - Animal.

Foram utilizadas 8 vacas, divididas em dois quadrados latinos e quatro tratamentos. As análises estatísticas foram analisadas através do programa computacional SAS (SAS Institute Inc., 1988). As variáveis foram analisadas no PROC GLM por regressão com os níveis do BCAD (+150, +250, +400 e +500mEq/kg MS). Algumas variáveis também foram analisadas através de contrastes ortogonais, por meio do PROC GLM. O nível de significância adotado foi de 5%.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Temperatura Corporal

Os dados apresentados na Tabela 2 correspondem aos valores mínimos e máximos, além das médias de temperatura corporal (°C) das vacas, em função dos tratamentos.

Tabela 2. Valores mínimos, máximos e médios de temperatura retal, em °Celsius, de vacas em lactação alimentadas com diferentes níveis de BCADs positivos.

Tratamentos	Mínimo	Máximo	Média	EP ¹
150	38,7	39,3	39,0	0,098
250	38,5	39,6	39,0	0,175
400	38,5	39,6	39,1	0,139
500	38,5	39,4	38,9	0,105

¹ Erro Padrão.

A temperatura corporal das vacas não foi influenciada pelos diferentes BCAD, ou seja, nenhum efeito estatisticamente significativo ($P < 0,05$) foi observado entre os tratamentos. Estes resultados estão em concordância com os obtidos por WEST *et al.* (1991b), que trabalharam diferentes níveis de BCAD (+100, +217, +334 e +451mEq/kg MS), e não encontraram alteração na temperatura corporal, de vacas em lactação, em função dos BCAD. WEST *et al.* (1992), também não observaram influência de diferentes níveis de balanço cátion-aniônico da dieta, na temperatura corporal de vacas sob estresse térmico. No trabalho de SETTI (2001), com vacas holandesas, a temperatura dos animais não diferiu entre as dietas catiônica e aniônica.

Os resultados do presente trabalho eram esperados, uma vez que nos trabalhos citados pela literatura, o mesmo comportamento foi encontrado para este parâmetro.

Segundo ERDMAN (1988), embora o bicarbonato de sódio tenha tendência a aumentar o pH sanguíneo, o bicarbonato e a pCO_2 , não se pode afirmar que a resposta seja devida ao bicarbonato ou ao Na, quando estes valores são afetados pela alta temperatura. O estresse causado pelo calor pode induzir o animal a uma alcalose metabólica, e até que ele tenha o equilíbrio ácido-base recuperado, seu desempenho fica comprometido.

4.2 pH urinário

A Tabela 3 apresenta os valores médios de pH urinário das vacas, em cada tratamento. Houve diferença significativa ($P < 0,01$) entre as médias dos tratamentos, e verificou-se um efeito linear significativo ($P < 0,01$), com o pH da urina aumentando com o acréscimo do BCAD. Houve efeito do BCAD no pH urinário das vacas, o qual é ilustrado na Figura 11.

Tabela 3. Níveis médios de pH urinário, referentes aos quatro tratamentos, de vacas lactantes alimentadas com diferentes níveis de dietas catiônicas.

	Tratamentos				Média	Análise de Variância	
	150	250	400	500		CV ¹ %	L ²
pH	8,02	8,10	8,21	8,25	8,15	1,48	<0,001
EP³	0,041	0,053	0,036	0,062	0,048		

¹ Coeficiente de Variação.

² Efeito Linear.

³ Erro Padrão.

Segundo PATIENCE (1991), o pH da urina é um indicador muito útil da carga ácida ou alcalina, eliminada pela urina. Em geral, o pH da urina de ruminantes (exceto procedente de animais alimentados com dietas ricas em cereais) é básico, variando de 7,4 a 8,4 (CHURCH, 1977), sendo afetado por mudanças no estado ácido-base, de animais alimentados com rações contendo apropriadas quantidades de sais aniônicos (DAVIDSON *et al.*, 1995). Para vacas alimentadas com dietas sem sais aniônicos, o pH da urina é alto (geralmente maior que 8) (SETTI, 2001). No presente experimento, os valores médios de pH urinário estiveram dentro da variação citada acima, para os ruminantes em geral. Entretanto, dentro dessa faixa, o pH urinário das vacas aumentou significativamente e de forma linear, variando de 8,02 a 8,25, conforme aumento do BCAD.

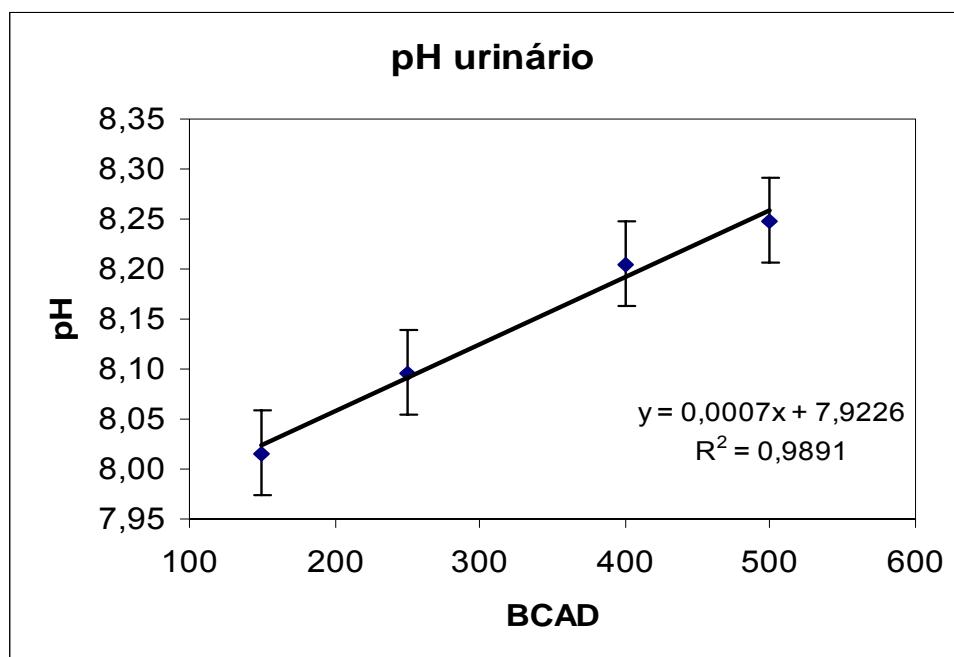


Figura 11. Efeito do BCAD sobre o pH urinário de vacas em lactação.

Os resultados obtidos neste trabalho estão de acordo com os encontrados por FREEDEN *et al.* (1988), WATERMAN *et al.* (1991), JACKSON e HEMKEN (1994), WALKER *et al.* (1998), WILSON *et al.* (1998), SCHONEWILLE *et al.* (1999). Todos esses autores, trabalhando com ruminantes, obtiveram decréscimo no pH urinário, com a diminuição do BCAD e/ou aumento do pH com acréscimo do BCAD.

BORUCKI CASTRO *et al.* (2004) testaram o efeito de quatro níveis de BCAD (+140, +180, +240 e +450mEq/kg MS) no *status* ácido-base de vacas em lactação e verificaram que o pH urinário aumentou linearmente com o aumento do BCAD. FAUCHON *et al.* (1995), encontraram efeito linear, com o pH urinário variando de 6,82 a 8,60 e o BCAD variando de +4 a +580mEq de (Na+K) – (Cl)/kg MS, sugerindo uma resposta renal compensatória.

TUCKER *et al.* (1988a) relataram, em experimento conduzido com 12 vacas holandesas em lactação e quatro níveis de BCAD, obtidos através da inclusão de NaHCO₃ nas dietas, que o pH urinário aumentou quadraticamente com o aumento do BCAD, no caso de -100 para +200mEq/kg MS. Este efeito foi explicado pelo aumento da excreção de bicarbonato pelos rins, como efeito compensatório da maior ingestão. ROCHE *et al.* (2005), obtiveram resposta quadrática do pH urinário de vacas, com o aumento do BCAD de +230 para +880mEq/kg de MS. WEST *et al.* (1991a), utilizando bicarbonato de sódio e/ou cloreto de cálcio como manipuladores dos valores de BCAD, verificaram aumentos quadráticos do pH da urina de vacas em lactação, conforme o BCAD aumentou. Tal efeito foi atribuído, também, à maior excreção urinária de íon

bicarbonato pelos rins, como efeito compensatório da tendência de aumento do pH do sangue. DEL CLARO *et al.* (2005a) ao testarem cinco níveis de BCAD (-160, -40, +140, +250 e +500mEq/kg MS) em ovinos, encontraram efeito quadrático significativo, com o pH urinário aumentando com o acréscimo do BCAD, sugerindo que, no caso de uma alcalose metabólica que pode ter ocorrido nos tratamentos de +250 e +500mEq/kg MS, os rins podem ter respondido diminuindo a excreção de H⁺, resultando em maior valor do pH. JACKSON *et al.* (1992) estudaram 4 níveis de BCAD (-180, +50, +230 e +380mEq/kg MS) para bezerras e observaram resposta quadrática, onde o pH da urina aumentou conforme aumento do BCAD.

WATERMAN *et al.* (1991), em experimento com vacas no meio da lactação e dietas com níveis diferentes de BCAD, verificaram aumento no pH da urina com o aumento do BCAD. TAURIANEN (2003) trabalhando com vacas leiteiras e dois níveis de BCAD (+254 e -41mEq/kg MS) verificaram maior valor de pH urinário para os animais que receberam o maior BCAD. VAN MOSEL *et al.* (1993), estudando os efeitos de dietas com diferentes BCADs (-4 e +572,5mEq/kg MS) para vacas de leite, encontraram menor pH urinário para a dieta com menor BCAD. KIM *et al.* (1997) conduziram um experimento para testar diferentes níveis de BCAD (+50, +150 e +300mEq/kg MS) em novilhas, e concluíram que o acréscimo do BCAD promoveu o aumento do pH urinário. No experimento de LEITE *et al.* (2003) com vacas holandesas, o pH da urina variou significativamente entre os tratamentos, sendo o menor valor de pH urinário observado para o grupo de animais que recebeu o menor BCAD. TAURIANEN *et al.* (1998a) encontraram maior valor de pH urinário para os animais que receberam BCAD de +340 quando comparado com aqueles que receberam BCAD de +31mEq/kg MS.

TAURIANEN *et al.* (2001), fornecendo dietas com BCADs de +107, +298 e +571 mEq/kg MS para vacas da raça Ayshire, encontraram menor pH urinário para o BCAD de +107mEq/kg MS. FREDEEN *et al.* (1988), trabalhando com três tratamentos (controle, catiônico e aniônico) para vacas em lactação no pré-parto, concluíram que o tratamento catiônico elevou o pH. JACKSON *et al.* (2001) relataram que bezerras holandeses alimentados com tratamento de +200mEq tiveram maiores valores de pH urinário (8,09), quando comparados com animais alimentados com 0mEq/kg MS (6,80). WILSON *et al.* (1998) estudaram dois níveis de BCAD (+250 e -100mEq/kg MS) para carneiros em crescimento e verificaram que o maior BCAD proporcionou maior pH urinário.

Poucos autores encontraram resultados divergentes a esses, entretanto TUCKER e HOGUE (1990) não obtiveram mudanças no pH. No trabalho de GOMIDE *et al.* (2004b), o pH da urina não apresentou variação estatisticamente significativa, entretanto, para a dieta mais catiônica, o pH urinário foi mais elevado, mostrando tendência de alcalinidade. Outros autores, como TUCKER *et al.* (1991b), JAMES e WOHLT (1985) e

ROGERS *et al.* (1985), também encontraram maior pH urinário para dietas com mais alto BCAD, quando utilizaram NaHCO_3 na dieta.

O estado ácido-base metabólico do sangue é altamente dependente do balanço da dieta entre cátions e ânions. Durante a alcalose metabólica, que pode ter ocorrido nos tratamentos do presente experimento, o pH plasmático e a concentração de bicarbonato estão elevados. Assim, tem-se a excreção urinária de bicarbonato e uma urina alcalina é excretada, para manter a eletroneutralidade (DAVENPORT, 1973). Quando o pH da urina é alto, o estado ácido-base foi regulado principalmente pelo aumento da excreção de bicarbonato. Os diferentes níveis de BCAD das dietas do presente trabalho foram conseguidos através da adição de bicarbonato de sódio. Desse modo, os resultados podem ser explicados pelo aumento da excreção de bicarbonato pelos rins, como efeito compensatório da maior ingestão de NaHCO_3 , e conseqüente aumento do pH sanguíneo.

4.3 Parâmetros ácido-base do sangue

4.3.1 Bicarbonato sanguíneo

Os dados referentes à concentração média do bicarbonato no sangue das vacas, de acordo com os tratamentos, estão apresentados na Tabela 4. Os valores estão expressos em mmol/L. Foi verificada diferença significativa ($P < 0,01$) entre as médias dos tratamentos, e houve relação linear entre o balanço cátion-aniônico da dieta (BCAD) e a concentração de HCO_3^- no sangue, a qual aumentou conforme houve aumento do BCAD. A Figura 12 mostra o efeito do balanço cátion-aniônico da dieta no bicarbonato sanguíneo das vacas em lactação.

Tabela 4. Valores médios da concentração de bicarbonato sanguíneo (mmol/L), em função dos tratamentos, de vacas em lactação recebendo diferentes níveis de dietas catiônicas.

	Tratamentos				Média	Análise de Variância	
	150	250	400	500		CV ¹ %	L ²
HCO₃⁻	24,75	25,75	27,75	28,38	26,66	7,17	<0,001
EP³	1,306	0,959	1,264	1,558	1,272		

¹ Coeficiente de Variação.

² Efeito Linear.

³ Erro Padrão.

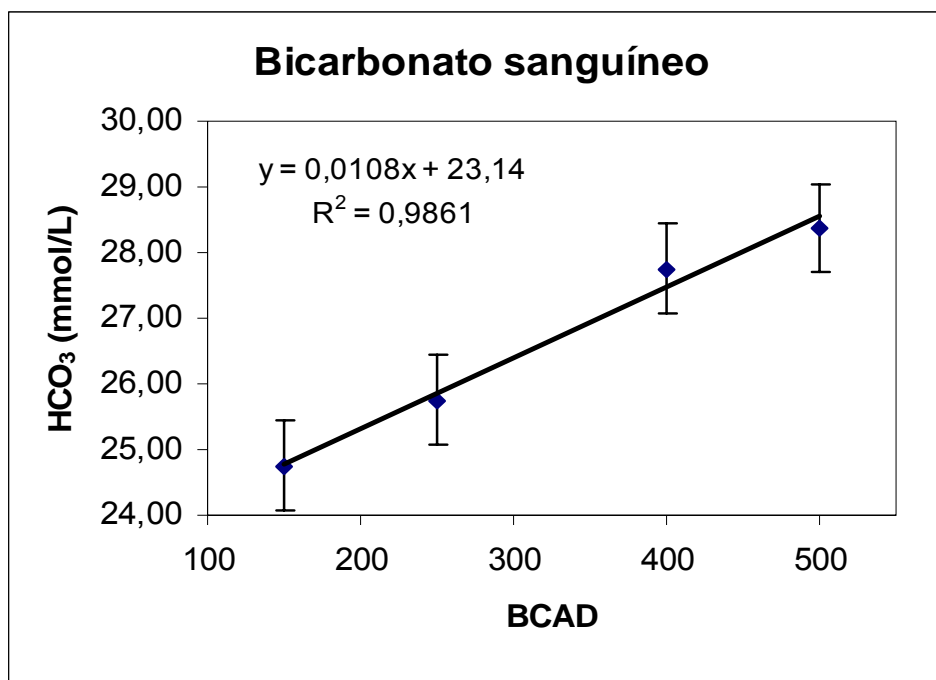


Figura 12. Efeito do balanço cátion-aniônico da dieta (BCAD) sobre o bicarbonato sanguíneo de vacas em lactação, alimentadas com quatro níveis de dietas catiônicas.

Os resultados obtidos estão de acordo com os relatados por TUCKER *et al.* (1988a), os quais, em experimento conduzido com vacas lactantes recebendo BCAD de -100, 0, +100 e +200mEq de (Na+K) – (Cl)/kg MS, encontraram efeito linear significativo ($P < 0,01$), com o bicarbonato do sangue aumentando de acordo com o acréscimo do BCAD. TUCKER *et al.* (1991b), ao testarem quatro níveis de BCAD (-117; +81; +149 e +202mEq/kg MS) em novilhas leiteiras por três semanas, também observaram aumento linear do bicarbonato do sangue conforme o BCAD aumentou. BORUCKI CASTRO *et al.* (2004) conduziram um experimento com vacas em lactação e verificaram que o HCO_3^- sanguíneo aumentou linearmente conforme o BCAD foi sendo elevado de +140 para +450mEq/kg MS. APPER-BOSSARD *et al.* (2006) trabalhando com vacas em lactação, dois níveis de concentrado (20 e 40%) e três de BCAD (0, +150 e +300 mEq/kg MS), encontraram resposta linear do bicarbonato sanguíneo com o acréscimo do BCAD, independente do nível de concentrado. ROCHE *et al.* (2005) observaram aumento linear no nível de HCO_3^- no sangue de vacas conforme o BCAD aumentou.

No trabalho de SANCHEZ *et al.* (1994), as concentrações de HCO_3^- no sangue, responderam quadraticamente ao aumento do BCAD. WEST *et al.* (1992), trabalhando com vacas em lactação e diferentes níveis de BCAD, verificaram que o bicarbonato do

sangue aumentou cubicamente (21,71; 23,92; 23,63 e 24,99mmol/litro) com o acréscimo do BCAD.

WEST (1990) trabalhando com vacas em lactação durante condições ambientais de frio e calor, e utilizando quatro níveis de BCAD para cada uma delas, observou que o bicarbonato do sangue foi menor em vacas recebendo o menor BCAD, não diferindo nas fases. WATERMAN *et al.* (1991), avaliando o efeito de diferentes BCADs em dietas de vacas lactantes, observaram que o mais alto BCAD aumentou o nível de bicarbonato no sangue. No trabalho de TUCKER *et al.* (1991a), onde o BCAD para vacas em lactação variou de 0 a +300mEq/kg MS, o nível bicarbonato no sangue foi menor para o menor BCAD. TUCKER *et al.* (1992) encontraram, em vacas alimentadas com alto e baixo BCAD, níveis de bicarbonato no sangue, respectivamente de 27,9 e 26,5mmol/L, três semanas antes do parto e depois de 12 horas os níveis foram de 28,9 e 26,5mmol/L. Nos dois casos a concentração do bicarbonato foi maior com o BCAD alto. WEST *et al.* (1991a) determinaram o efeito de diferentes níveis de BCAD, durante condições de frio e calor, em vacas em lactação e relataram que a concentração de bicarbonato sanguíneo foi menor para vacas recebendo a dieta com menor BCAD. Um maior BCAD (+258mEq/kg MS) aumentou significativamente a concentração de HCO_3^- no sangue, quando comparado com um BCAD menor (+55mEq/kg MS), para vacas no início da lactação (DELAQUIS e BLOCK, 1995b). No trabalho de GOFF e HORST (1997), vacas alimentadas com o maior BCAD apresentaram maior concentração de HCO_3^- no sangue, que vacas alimentadas com menor BCAD.

TUCKER *et al.* (1994) estudaram o efeito do sesquicarbonato de sódio (0 ou 1%) e BCAD de +115 e +288mEq/kg MS, respectivamente e, encontraram efeito alcalilogênico do sesquicarbonato de sódio, por aumentar o bicarbonato no sangue, durante toda a lactação. FREDEEN *et al.* (1988), alimentando cabras gestantes ou lactantes com dietas controle (BCAD entre +40 e +50mEq/kg MS), catiônica (BCAD >85mEq/kg MS) ou aniônica (BCAD <10mEq/kg MS), relataram que a dieta catiônica aumentou o nível de HCO_3^- no sangue comparada com a dieta aniônica. No experimento de JACKSON *et al.* (2001) com bezerros holandeses e dois níveis de BCAD (0 e +200mEq/kg MS), o maior valor de bicarbonato sanguíneo foi encontrado para o maior BCAD.

Alguns autores como VAN MOSEL *et al.* (1993), estudando os efeitos de dois níveis de BCAD (-4 e +572,5mEq/kg MS) para vacas de leite, não observaram nenhuma alteração no bicarbonato sanguíneo. DELAQUIS e BLOCK (1995a), estudando pequena variação positiva do BCAD (+481 para +327mEq/kg MS) em vacas, também não observaram efeito para concentrações de HCO_3^- no sangue. CHAN *et al.* (2005) trabalhando com vacas em lactação e diferentes níveis de dietas catiônicas, não

verificaram alteração na concentração de bicarbonato do sangue. Entretanto, em geral, segundo ZIA *et al.* (2001), durante a lactação, aumentando o BCAD, há aumento de bicarbonato do sangue.

De acordo com ERDMAN (1988), o bicarbonato de sódio, utilizado no presente experimento para aumentar os valores de BCAD, tem tendência a aumentar o bicarbonato sanguíneo. Quando existe o predomínio de sódio (em uma dieta catiônica) a absorção desse elemento é acompanhada pela troca de íons hidrogênio, os quais vão para o intestino, diminuindo a concentração dos mesmos no sangue, levando a uma condição de alcalose metabólica (BLOCK, 1994). Durante a alcalose ou acidose, a concentração plasmática de bicarbonato é uma das variáveis mais afetadas (DAVENPORT, 1973). A alcalose metabólica pode ser entendida como o excesso de bicarbonato. No presente experimento houve aumento linear significativo da concentração de bicarbonato no sangue, conforme aumentou o BCAD, resultado esse que talvez possa ser explicado pelo aumento da ingestão do bicarbonato de sódio.

A excreção urinária de bicarbonato pareceu ser o principal mecanismo através do qual as vacas leiteiras responderam à alcalose metabólica induzida pelas dietas catiônicas, o que pode ser percebido pelo aumento linear significativo do pH urinário das mesmas. Entretanto, a resposta compensatória dos rins não foi suficiente para eliminar a carga alcalina, uma vez que houve alteração nas concentrações do bicarbonato sanguíneo, como pode ser verificado na Tabela 4.

4.3.2 pH sanguíneo

Na Tabela 5 encontram-se os valores médios de pH sanguíneo de vacas em lactação, em cada tratamento, onde se observa influência positiva do BCAD, ocorrendo diferença significativa ($P < 0,01$) entre as médias dos tratamentos. As médias de pH do sangue aumentaram de forma linear ($P < 0,01$) com o acréscimo do BCAD. A Figura 13 ilustra a influência dos diferentes níveis de BCAD no pH sanguíneo das vacas.

Tabela 5. Níveis médios de pH sanguíneo, por tratamento, de vacas em lactação recebendo diferentes níveis de BCADs positivos.

	Tratamentos				Média	Análise de Variância	
	150	250	400	500		CV ¹ %	L ²
pH	7,438	7,441	7,471	7,486	7,459	0,23	<0,001
EP³	0,012	0,019	0,017	0,016	0,016		

¹ Coeficiente de Variação.

² Efeito Linear.

³ Erro Padrão.

O pH do sangue é altamente tamponado e mantido dentro de variações muito estreitas pelos rins, funções respiratórias e sistemas tampões (BLOCK, 1990). Em vacas, o pH sanguíneo se encontra na faixa de 7,31 a 7,53, sendo mantido pelos mecanismos homeostáticos do corpo (GOFF citado por CAMPOS, 1998). No presente trabalho, os valores médios de pH sanguíneo das vacas, estiveram dentro da faixa citada acima, entretanto, conforme houve acréscimo do BCAD, o pH aumentou significativamente e de forma linear, variando de 7,438 a 7,486.

Os resultados obtidos são semelhantes aos apresentados por TUCKER *et al.* (1988a), os quais, estudando a relação entre quatro níveis de BCAD, variando de -100 a +200mEq de (Na+K) – Cl/kg MS, e parâmetros ácido-base do sangue em vacas leiteiras, encontraram o pH do sangue aumentando linearmente e variando de 7,369 a 7,427, conforme o aumento do BCAD. APPER-BOSSARD *et al.* (2006) em experimento com vacas em lactação, dois níveis de concentrado (20 e 40%) e três de BCAD (0, +150 e +300 mEq/kg MS), verificaram que o pH sanguíneo apresentou aumento linear de acordo com o aumento do BCAD. WEST *et al.* (1992), estudando diferentes níveis de BCAD para vacas em lactação sob estresse térmico, encontraram aumento linear do pH do

sangue (7,44; 7,47; 7,48; 7,49) com o acréscimo do BCAD. BORUCKI CASTRO *et al.* (2004) avaliando o efeito de quatro níveis de BCAD (+140, +180, +240 e +450mEq/kg de MS) no *status* ácido-base de vacas em lactação, verificaram que o pH sanguíneo aumentou linearmente com o aumento do BCAD. ROCHE *et al.* (2005) observaram aumento linear do pH do sangue de vacas conforme o BCAD aumentou de +230 para +880mEq/kg MS.

WEST (1990), ao realizar um experimento com vacas em lactação durante condições ambientais de frio e calor, utilizando quatro níveis de BCAD para cada uma delas, observou resposta quadrática do pH do sangue com o aumento do BCAD, não havendo diferença entre as fases (frio e calor). JACKSON *et al.* (1992) verificaram o efeito de quatro níveis de BCAD (-180, +50, +230 e +380mEq/kg de MS) em bezerros e encontraram resposta quadrática para o pH sanguíneo, onde este se elevou conforme o BCAD aumentou.

No experimento de KRZYWIECKI *et al.* (2005), com vacas em lactação, o aumento no BCAD proporcionou aumento do pH sanguíneo. WEST *et al.* (1991a) determinaram o efeito de diferentes níveis de BCAD em vacas leiteiras e encontraram valores menores de pH do sangue para vacas recebendo a dieta com o mais baixo BCAD. Segundo GOFF e HORST, (1997), o menor BCAD para vacas, três semanas antes da data prevista do parto, mostrou o menor pH do sangue. No trabalho de DELAQUIS e BLOCK (1995b), vacas no início da lactação, alimentadas com BCAD de +258mEq/kg MS, apresentaram maior pH no sangue quando comparado com vacas recebendo o menor BCAD (+55mEq/kg MS). SCHONEWILLE *et al.* (1999), avaliando o efeito de duas dietas, uma aniônica (-230mEq/kg MS) e outra catiônica (+332mEq/kg MS) em vacas, encontraram maior valor de pH sanguíneo para o maior BCAD. Segundo ZIA *et al.* (2001), durante a lactação, aumentando o BCAD, há aumento de pH do sangue.

WANG e BEEDE (1991), em experimento com vacas não gestantes e não lactantes, relataram maior pH sanguíneo para aquelas alimentadas com BCAD de +69mEq/kg MS (7,46), em comparação com as vacas sob dieta com BCAD de -428mEq/kg MS (7,38). VAGNONI e OETZEL (1998) observaram valores de pH sanguíneo de 7,42; 7,41; 7,41 e 7,39, para vacas não lactantes, alimentadas com dietas cujos BCAD foram +230, -40, -50 e -63mEq/kg MS, respectivamente. JACKSON e HEMKEN (1994) estudando o efeito de dois níveis de BCAD (-180 e +130mEq/kg MS) em bezerros, verificaram que a dieta com maior BCAD proporcionou maior valor de pH sanguíneo.

Alguns autores como VAN MOSEL *et al.* (1993), OETZEL *et al.* (1991), não encontraram efeito significativo de diferentes BCAD no pH sanguíneo de vacas.

TUCKER *et al.* (1991a), trabalhando com vacas em lactação e BCAD variando de 0 a +300mEq/kg MS, também observaram que o pH sanguíneo não foi afetado pelos tratamentos. DELAQUIS e BLOCK (1995a), estudando o efeito de dois níveis de BCAD (+481 para +327mEq/kg MS) em vacas, não observaram efeito para pH no sangue, o que pode ter ocorrido em função da pequena variação de BCAD. GANT *et al.* (1998) não encontraram diferença significativa, para pH do sangue, entre as dietas com maior e menor BCAD. JACKSON *et al.* (2001) não verificaram alteração no pH sanguíneo de bezerros holandeses alimentados com BCAD de 0 ou +200mEq/kg MS. Os resultados obtidos por esses autores podem ser explicados pelas respostas compensatórias dos rins e funções respiratórias, mantendo o pH sanguíneo dentro de limites estreitos.

Entretanto, o balanço cátion-aniônico da dieta pode influenciar os parâmetros ácido-base do sangue, caso as compensações respiratória e renal forem incapazes de eliminar a carga ácida ou alcalina (PATIENCE, 1991). A influência do BCAD sobre o pH sanguíneo se dá pelos mecanismos fisiológicos do animal para manter a eletroneutralidade. Ocorre já no trato gastrointestinal, uma vez que a absorção de cátions é acompanhada da secreção de íons hidrogênio e, a de ânions acompanhada da absorção de H^+ ou secreção de HCO_3^- (BLOCK, 1994). Segundo SANCHEZ *et al.* (1994), a relação $HCO_3^-:pCO_2$ deve permanecer constante para que o pH do sangue permaneça constante. Desse modo, mudanças nos níveis de bicarbonato ou na pCO_2 têm efeito direto no pH sanguíneo (GUYTON, 1992). Parece provável que o mecanismo pelo qual o BCAD afetou o pH sanguíneo no presente trabalho tenha sido alterando a concentração de bicarbonato no sangue, uma vez que esta e o pH aumentaram linearmente com o aumento do BCAD.

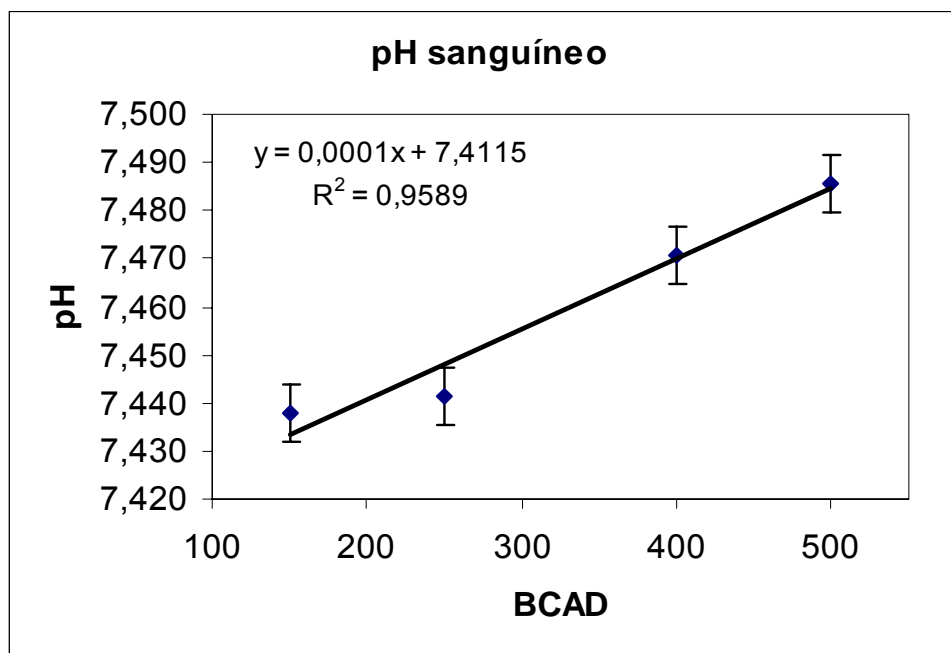


Figura 13. Efeito do balanço cátion-aniônico da dieta sobre o pH sanguíneo de vacas leiteiras.

4.3.3 Dióxido de carbono total

Os valores apresentados na Tabela 6 correspondem às médias da variável TCO_2 no sangue de vacas leiteiras, em função dos quatro tratamentos. Os dados estão expressos em mmol/L. Verificou-se que as médias dos tratamentos diferiram estatisticamente ($P < 0,01$) e, o efeito observado foi o linear ($P < 0,01$), onde o aumento do BCAD provocou aumento do dióxido de carbono total no sangue. Esse efeito está ilustrado na Figura 14.

Tabela 6. Valores médios de TCO_2 no sangue (mmol/L), em cada tratamento, de vacas em lactação recebendo quatro níveis de BCAD.

	Tratamentos				Média	Análise de Variância	
	150	250	400	500		CV ¹ %	L ²
TCO_2	25,75	26,00	28,63	29,88	27,57	8,45	<0,001
EP ³	1,031	0,824	1,451	1,457	1,191		

¹ Coeficiente de Variação.

² Efeito Linear.

³ Erro Padrão.

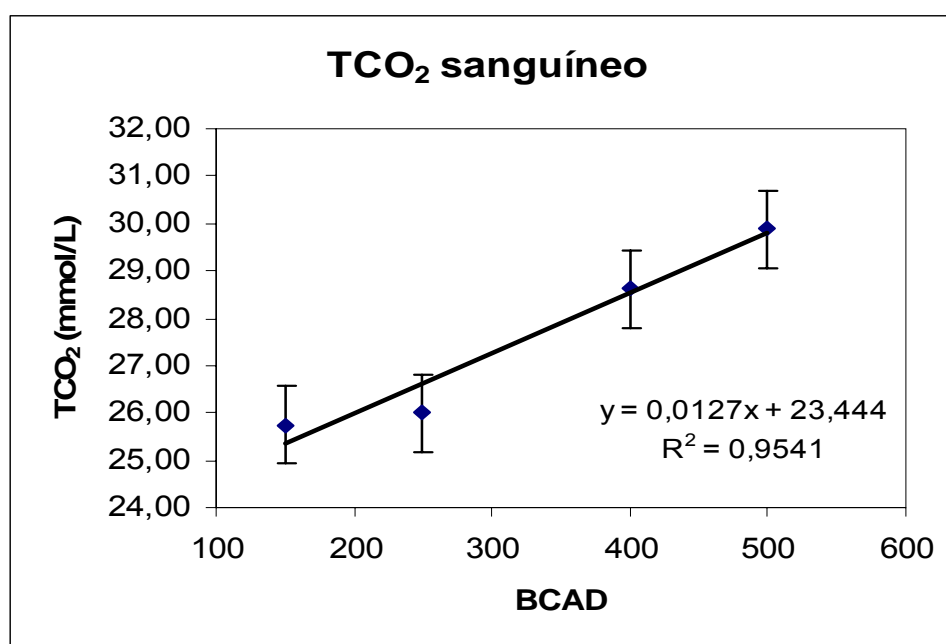


Figura 14. Influência do BCAD sobre o gás carbônico total no sangue de vacas lactantes.

Esses resultados concordam com o experimento desenvolvido por ROCHE *et al.* (2005), os quais, trabalhando com vacas em lactação e BCAD variando de +230 a +880mEq/kg MS, observaram aumento linear do TCO₂ com o aumento do BCAD.

No trabalho de WEST *et al.* (1992), foi avaliado o efeito de alguns níveis de BCAD em vacas lactantes e o resultado encontrado foi uma resposta cúbica do CO₂ total com o aumento do BCAD. TUCKER *et al.* (1994) estudaram o efeito de dois níveis de BCAD (+115 e +288mEq/kg MS), em vacas, durante todo o período de lactação e encontraram aumento do CO₂ total com o acréscimo do BCAD, durante os 308 dias de lactação. SETTI (2001), trabalhando com vacas holandesas e dois níveis de BCAD, relatou que as vacas alimentadas com o maior BCAD apresentaram maior nível de TCO₂ no sangue (29,8mmol/L), que aquelas recebendo a dieta com menor BCAD (26,3mmol/L), duas semanas antes do parto. Entretanto, no pós-parto, não houve diferença significativa entre as dietas (31,1 e 31,33mmol/L).

Segundo DAVENPORT (1973), a compensação respiratória para a alcalose metabólica acontece, pois o aumento do pH deprime a respiração e reduz a ventilação dos espaços alveolares, aumentando o nível de CO₂ total e conseqüentemente a pCO₂ do sangue arterial, o que induz à queda do pH. Esta pode ser a explicação para os resultados obtidos no presente trabalho, uma vez que as dietas catiônicas utilizadas podem ter causado alcalose metabólica nos animais. O aumento linear do CO₂ total no sangue pode ser explicado em função pH sanguíneo que também aumentou linearmente havendo, portanto, reduções nas taxas de respiração, conforme houve aumento do BCAD.

4.3.4 Pressão parcial de dióxido de carbono

Os valores referentes às médias de pressão de CO₂ no sangue das vacas, de acordo com os tratamentos, estão apresentados na Tabela 7.

Tabela 7. Valores médios de pressão de CO₂ no sangue (mmHg), por tratamento, de vacas lactantes alimentadas com quatro níveis de dietas catiônicas.

	Tratamentos				Média	Análise de Variância	
	150	250	400	500		CV ¹ %	L ²
pCO ₂	35,38	36,04	38,20	40,61	37,56	6,02	<0,001
EP ³	1,289	1,358	1,085	1,136	1,217		

¹ Coeficiente de Variação.

² Efeito Linear.

³ Erro Padrão.

Houve diferença significativa ($P < 0,01$) entre as médias dos tratamentos, e houve relação linear entre o BCAD e a pCO₂ no sangue, a qual aumentou conforme houve aumento do BCAD. A Figura 15 mostra o efeito do balanço cátion-aniônico da dieta na pressão de CO₂ das vacas em lactação.

Os resultados obtidos estão de acordo com os relatados por WEST (1990), o qual, avaliando diferentes níveis de BCAD para vacas em lactação durante condições de frio e calor, encontrou aumento linear significativo da pressão de CO₂ no sangue, conforme os níveis do BCAD aumentaram. A pressão de CO₂ foi menor durante a fase quente do experimento. ROCHE *et al.* (2005), trabalhando com vacas em lactação e dietas com diferentes valores de BCAD verificaram que a pressão de pCO₂ no sangue aumentou linearmente com a elevação do BCAD.

JACKSON *et al.* (1992) testaram o efeito de quatro níveis de BCAD em bezerros e observaram resposta quadrática para a pCO₂ sanguínea, a qual aumentou com o aumento do BCAD. No experimento de SANCHEZ *et al.* (1994), a pCO₂ no sangue respondeu de forma cúbica ao aumento do BCAD.

No trabalho de TUCKER *et al.* (1992), a pCO₂ no sangue foi de 45,5 e 45mmHg para vacas sob BCAD alto e baixo, respectivamente, na média de três semanas antes do parto. Após 12 horas do parto, os valores foram 44 e 43,5mmHg, respectivamente para dietas com alto e baixo BCAD. Nas duas situações, o maior BCAD proporcionou maior

pressão de CO₂ no sangue. WEST *et al.* (1991a) determinando o efeito de diferentes níveis de BCAD em vacas em lactação, observaram aumento da pCO₂ no sangue com o aumento do BCAD. ERDMAN (1988), avaliando o efeito de dietas tampões para vacas de leite em condições de estresse calórico, encontrou aumentos na pressão de CO₂ do sangue. JOYCE *et al.* (1997), em experimento conduzido com vacas recebendo dois níveis de BCAD (-70 e +350mEq/kg MS), encontraram, três dias antes do parto, maior pCO₂ no sangue para vacas alimentadas com o maior BCAD (36,3mmHg), quando comparado com as vacas alimentadas com o mais baixo BCAD (32,8 mmHg). PEHRSON *et al.* (1999) observaram diminuições significativas para a variável pCO₂ no sangue de vacas alimentadas com BCAD mais baixos. SETTI (2001), avaliando dois níveis de BCAD em vacas holandesas, observaram que, no pré-parto, o maior BCAD proporcionou maior pressão de CO₂ no sangue (40,82mmHg), que o menor BCAD (39,62mmHg).

TUCKER *et al.* (1994), trabalhando com vacas de leite, durante todo o período de lactação e estudando o efeito do sesquicarbonato de sódio (0 ou 1%), com níveis de BCAD de +115 e +288mEq/kg MS, respectivamente, relataram que o maior BCAD aumentou a pressão de CO₂ do sangue durante os 308 dias de lactação. JACKSON e HEMKEN (1994) observaram maior valor de pCO₂ sanguínea em bezerros alimentados com BCAD de +130mEq/kg MS quando comparados com os que receberam o BCAD de -180mEq/kg MS. JACKSON *et al.* (2001), em experimento com bezerros holandeses e dois níveis de BCAD, encontraram maior pCO₂ no sangue dos animais que receberam o maior BCAD.

Entretanto, alguns autores encontraram resultados divergentes ao deste trabalho. KRZYWIECKI *et al.* (2005), em experimento com vacas em lactação, observaram que o aumento no BCAD diminuiu a pCO₂ do sangue.

TUCKER *et al.* (1991a), trabalhando com variação de BCAD de 0 a +300mEq/kg MS, para vacas lactantes, relataram que a pCO₂ não foi afetada pelos tratamentos. WEST *et al.* (1992), trabalhando com vacas em lactação e diferentes níveis de BCAD, relataram que não houve diferença na pCO₂ em função das diferentes dietas. VAN MOSEL *et al.* (1993), trabalhando com vacas em lactação e dietas com diferentes níveis de BCAD (-4 e +572,5mEq/kg MS), não observaram nenhuma alteração na pCO₂. DELAQUIS e BLOCK (1995a), estudando pequena variação positiva do BCAD (+481 para +327mEq/kg MS), não observaram efeito para pressão parcial de CO₂ no sangue de vacas. Nos resultados de GANT *et al.* (1998), os valores de pCO₂ no dia do parto não diferiram entre as vacas alimentadas com diferentes dietas. SCHONEWILLE *et al.* (1999) avaliaram o efeito de dois níveis de BCAD (-230 e +332mEq/kg MS) em vacas e relataram que a pressão de CO₂ não foi significativamente diferente, mas sistemicamente

reduzida pela dieta com menor BCAD. No trabalho de SCHONEWILLE *et al.* (1994), a $p\text{CO}_2$ do sangue de vacas não gestantes e não lactantes não foi influenciada pelas dietas.

Durante a alcalose metabólica, que pode ter ocorrido no presente experimento, em função das dietas catiônicas oferecidas aos animais, o aumento do pH deprime a respiração e reduz a ventilação dos espaços alveolares, aumentando a $p\text{CO}_2$ do sangue arterial, o que induz à queda do pH (DAVENPORT, 1973). A $p\text{CO}_2$ é inversamente proporcional à ventilação pulmonar (ANDERSEN, 1963) e, portanto, diretamente proporcional ao pH sanguíneo, o que pode explicar os resultados obtidos neste trabalho. Como houve aumento linear do pH sanguíneo e do CO_2 total com o acréscimo do BCAD, a $p\text{CO}_2$ seguiu o mesmo caminho.

Segundo SANCHEZ *et al.* (1994), a relação $\text{HCO}_3^-:p\text{CO}_2$ deve permanecer constante para que o pH do sangue permaneça constante. Na tentativa de manter essa relação e, conseqüentemente o pH constante, se o HCO_3^- do sangue aumentar, por exemplo, a $p\text{CO}_2$ precisa aumentar também. Nesse caso, a respiração precisa diminuir para conservar CO_2 e aumentar a pressão de CO_2 . Levando em conta essa relação ($\text{HCO}_3^-:p\text{CO}_2$) e, como no presente trabalho a concentração de HCO_3^- no sangue aumentou linearmente conforme houve aumento do BCAD, também houve aumento linear da pressão de CO_2 .

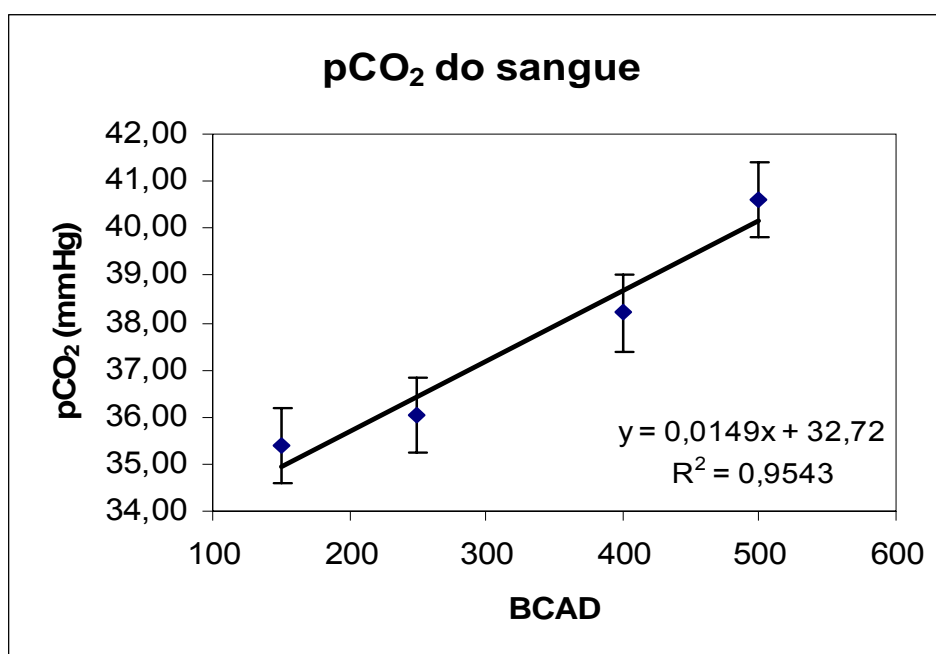


Figura 15. Efeito do balanço cáton-aniônico da dieta sobre a pressão de CO_2 de vacas leiteiras.

4.3.5 Cálcio no sangue

Os dados referentes à concentração média de cálcio total no sangue das vacas, de acordo com os tratamentos, estão apresentados na Tabela 8. Foi verificada diferença significativa ($P \leq 0,05$) entre as médias dos tratamentos, e houve relação quadrática entre o BCAD e a concentração de cálcio no sangue. A Figura 16 ilustra essa relação.

Tabela 8. Valores médios da concentração de cálcio sanguíneo (mg/dL), de vacas em lactação recebendo diferentes níveis de dietas catiônicas.

	Tratamentos				Média	Análise de Variância	
	150	250	400	500		CV ¹ %	Q ²
Ca total	7,54	7,05	7,08	7,06	7,19	4,49	0,05

¹ Coeficiente de Variação.

² Efeito Quadrático.

Os resultados do presente trabalho são semelhantes aos encontrados por BORUCKI CASTRO *et al.* (2004), os quais, em experimento com vacas em lactação e quatro níveis de dietas catiônicas (+140, +180, +240 e +450mEq/kg MS), encontraram maior concentração de Ca no sangue de vacas alimentadas com o menor BCAD. No trabalho de GOMIDE *et al.* (2004b) a análise de regressão mostrou um efeito cúbico significativo do Ca no sangue de ovinos, em função da manipulação do BCAD.

TAURIANEN *et al.* (1998b), trabalhando com vacas Ayrshire e Holandesas, concluíram que a redução do BCAD aumenta habilidade da vaca em manter a concentração de Ca no sangue. OETZEL *et al.* (1988) encontraram diferenças significativas para valores de Ca total no sangue, no dia do parto, em vacas alimentadas com dietas aniônicas ou catiônicas, com maior valor apresentado em vacas alimentadas com dietas aniônicas. BLOCK (1984), trabalhando com níveis de BCAD de +330,5 e -128,5mEq/kg MS, observou maior concentração plasmática de Ca nas vacas, durante o pré-parto, quando alimentadas com o BCAD negativo. GOFF *et al.* (1991), trabalhando com vacas leiteiras, encontraram maiores concentrações de Ca no sangue de vacas alimentadas com dieta aniônica. No trabalho de GOFF e HORST (1997), a concentração de Ca no plasma foi diminuída significativamente em vacas alimentadas com os maiores BCADs. CAMPOS (1998) encontrou maiores concentrações de Ca total para vacas

alimentadas com a dieta aniônica (8,74mg/dL) em relação à catiônica (8,37mg/dL), 5 dias antes do parto.

TUCKER *et al.* (1992), avaliando dois níveis de BCAD (+30 e -90mEq/kg MS) em vacas secas, relataram que o nível de Ca no plasma foi maior para vacas alimentadas com a dieta de menor BCAD. DEL CLARO *et al.* (2002) observaram aumento no nível de cálcio total no soro de bovinos em crescimento, 19 dias após o oferecimento de dieta aniônica (-150mEq/kg MS). DEL CLARO *et al.* (2006) ao testarem cinco níveis de BCAD (-160, -40, +140, +250 e +500mEq/kg MS) em ovinos, encontraram maiores concentrações de Ca, tanto na forma ionizada como na total, nos animais que receberam os menores BCAD (-160 e -40mEq/kg MS).

Resultados divergentes foram encontrados por ROCHE *et al.* (2005) que observaram aumento da concentração de Ca no sangue de vacas, com o aumento do BCAD. TAKAGI e BLOCK (1991) obtiveram aumento nos teores de Ca plasmático com a elevação dos níveis do BCAD. JACKSON *et al.* (1992) verificaram o efeito de quatro níveis de BCAD em bezerros e encontraram resposta quadrática para a concentração de Ca no sangue, onde seu valor aumentou conforme o acréscimo do BCAD.

TUCKER *et al.* (1988b) não encontraram diferenças significativas nas concentrações de cálcio sérico de vacas, algumas horas depois da alimentação, porém, essas concentrações tenderam a ser maiores para as dietas aniônicas. WON *et al.* (1996) encontraram tendência a maiores níveis de Ca no plasma (>7,5mg/dL) de vacas alimentadas com a dieta aniônica e alto Ca. No experimento de TAURIANEN (2003) foram estudados dois níveis de BCAD (+254 e -41mEq/kg MS) no metabolismo de minerais em vacas leiteiras. As concentrações de Ca ionizado e Ca total no plasma não foram influenciadas pelos tratamentos. GAYNOR *et al.* (1989), alimentando vacas com diferentes níveis de BCAD (+22, +60 e +126mEq/kg MS), encontraram níveis séricos de Ca semelhantes entre as dietas experimentais. CHAN *et al.* (2005) avaliaram o efeito de diferentes níveis de dietas catiônicas (+200, +350 e +500mEq/kg MS) em vacas em lactação e não verificaram alteração na concentração de Ca no sangue. Segundo VAGNONI e OETZEL (1998), os níveis de Ca no sangue não foram afetados pelos diferentes BCAD. SETTI (2001), trabalhando com vacas holandesas e dois níveis de BCAD, relatou que não houve diferença significativa entre o alto e o baixo BCAD, para a variável Ca no sangue. No trabalho de ROGERS *et al.* (1985), as concentrações séricas de Ca não sofreram alterações em função da adição de bicarbonato de sódio nas rações. Segundo TUCKER *et al.* (1991c), a adição de bicarbonato de sódio na ração de vacas não promoveu nenhuma variação na concentração sérica de Ca.

No trabalho de SEYMOUR *et al.* (1992), o nível de Ca no plasma, antes do parto, foi maior para vacas alimentadas com dieta aniônica, com BCAD de -60mEq/kg MS (9,2

mg/dL), em relação à dieta catiônica, com BCAD de +160mEq/kg MS (8,9 mg/dL), entretanto, a diferença não foi significativa. LEITE *et al.* (2003) trabalharam com vacas holandesas e verificaram o efeito de três níveis de BCAD (+122,1; -8,8; e - 110,4mEq/kg MS) sobre os níveis de cálcio ionizado (iCa) e cálcio total (tCa) no plasma e a incidência de hipocalcemia subclínica. A incidência de hipocalcemia subclínica não diferiu entre os tratamentos. Também não houve efeito significativo do tratamento nos níveis de iCa ou de tCa no plasma.

FAUCHON *et al.* (1995), em experimento com ovinos em crescimento e BCAD de +4, +175, +390 e +580mEq de (Na+K)-(Cl+S)/kg MS, não encontraram diferenças na concentração de Ca plasmático. JACKSON e HEMKEN (1994) estudando o efeito de uma dieta positiva e outra negativa, em bezerros holandeses, verificaram que a concentração de Ca não foi afetada pelas dietas. No experimento de JACKSON *et al.* (2001), não foi encontrada diferença significativa na concentração de Ca no sangue de bezerros alimentados com BCAD de 0 ou +200mEq/kg MS.

LECLERK e BLOCK (1989) concluíram que a alimentação com BCAD negativo durante o pré-parto reduz o declínio natural da concentração plasmática de Ca. Esse resultado decorre de efeito indireto da acidose metabólica, afetando a reabsorção renal de Ca e a mobilização óssea desse macromineral. Além desse efeito indireto, alguns autores citam mecanismos específicos para aumento da mobilização óssea de Ca. Esta é mediada pelo paratormônio (PTH) e $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$. BLOCK (1984) mostrou aumento da mobilização óssea, coincidindo com o aumento de PTH e $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$. GOFF *et al.* (1991), observaram que a redução do BCAD aumentou a produção de $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$ por unidade de PTH. Então, a acidose metabólica oferecida pelo BCAD negativo estimula a transformação de 25(OH) colicalciferol em $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$, a qual aumenta a reabsorção óssea liberando cálcio para a corrente sanguínea (HORST *et al.* 1994).

No presente experimento, apesar dos animais não estarem sob condições de acidose, a qual poderia proporcionar a reabsorção óssea de forma indireta, houve maior concentração de Ca no sangue dos animais alimentados com o menor BCAD.

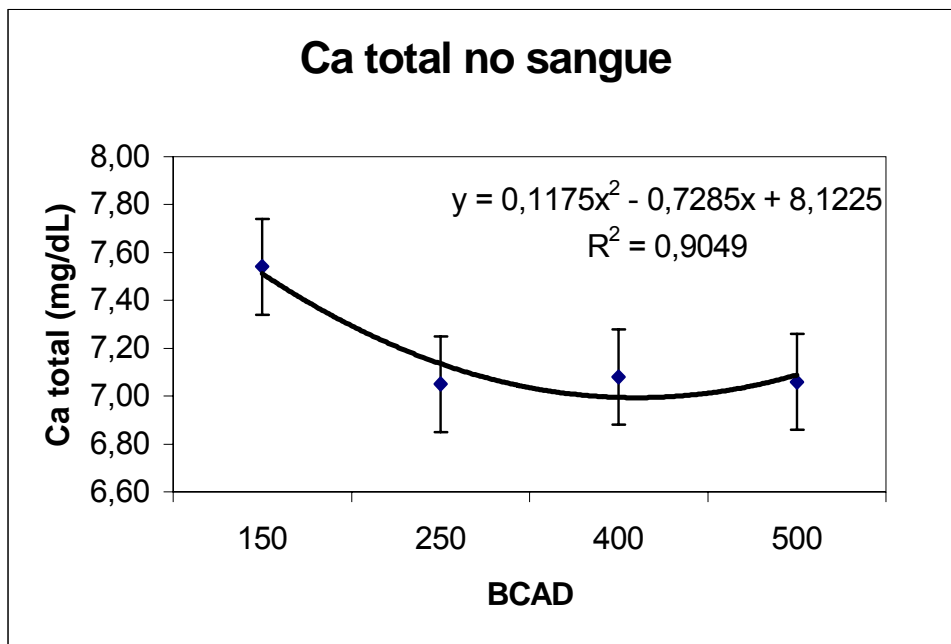


Figura 16. Efeito de quatro níveis de BCAD sobre a concentração total de Ca no sangue de vacas em lactação.

4.3.6 Sódio no sangue

Os valores encontrados na Tabela 9 referem-se às concentrações médias de Na no sangue de vacas em lactação, em função dos tratamentos. Os dados estão expressos em mmol/L. Nenhum efeito estatisticamente significativo foi observado entre os diferentes tratamentos e, portanto, considera-se uma média de sódio no sangue de 135,91mmol/L.

Tabela 9. Concentrações médias de Na no sangue (mmol/L), de vacas leiteiras alimentadas com diferentes níveis de BCAD.

	Tratamentos				Média	Análise de Variância	
	150	250	400	500		CV ¹ %	P>F
Na	135,75	135,5	136,5	135,88	135,91	1,68	0,841
EP²	0,366	0,707	1,180	0,854	0,777		

¹ Coeficiente de Variação.

² Erro Padrão.

Resultados semelhantes ao deste trabalho foram obtidos por KILMER *et al.* (1981) e ROGERS *et al.* (1985), os quais, trabalhando com ruminantes, não encontraram variação dos níveis séricos de sódio, como consequência da variação do BCAD. TUCKER *et al.* (1988a), avaliando quatro níveis de BCAD em vacas em lactação, não encontraram efeito significativo das dietas sobre as concentrações de Na no soro, entretanto, conforme o BCAD aumentou, essas concentrações tenderam a ser maiores. GAYNOR *et al.* (1989), alimentando vacas com menor ou maior BCAD, encontraram níveis séricos de Na, semelhantes, entre as dietas experimentais. WEST *et al.* (1991a), em experimento com vacas em lactação durante condições de frio e calor, testaram o efeito de diferentes níveis de balanço cátion-aniônico da dieta, e relataram que os níveis de Na no soro não foram afetados pelo BCAD. CHAN *et al.* (2005) testaram o efeito de três níveis de BCAD (+200, +350 e +500mEq/kg MS) em vacas em lactação e não verificaram alteração nas concentrações de Na do sangue. No trabalho de TUCKER *et al.* (1991a), onde o BCAD para vacas em lactação variou de 0 a +300mEq/kg MS, os níveis de Na no plasma não foram afetados pelos tratamentos. Vacas alimentadas com BCAD de -4 ou +572mEq/kg MS, não apresentaram diferenças significativas nos níveis de Na no sangue (VAN MOSEL *et al.*, 1993). No experimento de DELAQUIS e BLOCK

(1995a), a pequena variação positiva do BCAD (+481 para +327mEq/kg MS) não afetou a concentração de Na no plasma de vacas. SETTI (2001) trabalhando com vacas holandesas, não encontrou diferença significativa entre o alto e o baixo BCAD, para a variável Na no sangue (143,25 e 142,98mmol/L, respectivamente), no pré-parto. As concentrações de Na no plasma não foram afetadas pelos tratamentos variando os níveis de Na, K e Ca da dieta, bem como o BCAD (GOFF e HORST, 1997).

WEST *et al.* (1992) afirmaram que as concentrações séricas de Na, de vacas em lactação sob estresse térmico, não foram alteradas pelos diferentes BCAD utilizados. SCHNEIDER *et al.* (1984), em experimento com vacas em lactação, estudaram os efeitos do estresse calórico e de dietas contendo bicarbonato de sódio e potássio. Os autores não encontraram diferença entre as dietas para as concentrações séricas de sódio. VAGNONI e OETZEL (1998), trabalhando com vacas secas, encontraram níveis médios de Na no sangue de 142, 142, 144 e 143mmol/L para BCAD de +230, -40, -51 e -63mEq/kg MS, respectivamente, sem diferença significativa. Segundo SCHONEWILLE *et al.* (1999), os níveis de Na no sangue total não foram diferentes significativamente para vacas não gestantes e não lactantes, alimentadas com dieta aniônica (-230mEq/kg MS) ou catiônica (+332mEq/kg MS). JACKSON *et al.* (1992) não obtiveram alteração significativa nos níveis de Na sanguíneo de bezerros, com a elevação dos níveis do BCAD.

Entretanto, WATERMAN *et al.* (1991), estudando os efeitos de dietas com níveis diferentes de BCAD em vacas no meio da lactação, encontraram resultados divergentes aos do presente trabalho. Os autores verificaram que o mais alto BCAD aumentou o Na plasmático. GOMIDE *et al.* (2004a) avaliou diferentes níveis de BCAD, variando de -12 a +133mEq/kg MS, em ovinos, e encontrou aumento linear da concentração sérica de sódio, com o acréscimo do BCAD. ESCOBOSA *et al.* (1984) e O'CONNOR *et al.* (1988) verificaram aumento dos níveis séricos de sódio conforme o BCAD aumentou. Resultados semelhantes foram obtidos por ERDMAN *et al.* (1980), COPPOCK *et al.* (1982), NESTOR *et al.* (1988), SANCHEZ *et al.* (1994) e ROCHE *et al.* (2005).

A concentração de sódio no sangue é mantida relativamente constante através da regulação do consumo e excreção do elemento (SWENSON, 1984). Quando o consumo é alto, maiores concentrações de sódio são eliminadas pelos rins (McDOWELL 1992). Uma possível explicação para os resultados do presente trabalho seria a resposta compensatória dos rins, ou seja, conforme o BCAD aumentou, com conseqüente aumento da ingestão de sódio, pode ter ocorrido maior excreção urinária de Na, mantendo a concentração deste mineral no sangue.

4.3.7 Potássio no sangue

A Tabela 10 apresenta as concentrações médias de K no sangue das vacas em lactação, em cada tratamento. Não foi encontrada variação estatisticamente significativa em função do BCAD, podendo considerar um nível médio de K no sangue, de 3,98mmol/L.

Tabela 10. Valores médios das concentrações de potássio no sangue, expressos em mmol/L, de vacas leiteiras recebendo quatro níveis de balanço cátion-aniônico da dieta.

	Tratamentos				Média	Análise de Variância	
	150	250	400	500		CV ¹ %	P>F
K	3,96	4,01	3,96	4,00	3,98	7,37	0,979
EP²	0,063	0,113	0,131	0,082	0,097		

¹ Coeficiente de Variação.

² Erro Padrão.

Os resultados obtidos estão de acordo com os relatados por TUCKER *et al.* (1991a), os quais estudando variação do BCAD de 0 a +300mEq/kg MS para vacas em lactação, relataram que os níveis K no plasma não foram afetados pelos tratamentos. No trabalho de CHAN *et al.* (2005) com vacas em lactação e três níveis de dietas catiônicas, a concentração de K do sangue não foi afetada pelas dietas. DELAQUIS e BLOCK (1995a), avaliando pequena variação do BCAD (+481 para +327mEq/kg de MS) em vacas, observaram que a concentração de K no plasma não foi afetada pela alteração do BCAD. KILMER *et al.* (1981), não encontraram efeito significativo de diferentes BCAD sobre a concentração de K no sangue. No experimento de WEST *et al.* (1992), com vacas em lactação e diferentes níveis de BCAD, as concentrações séricas de K não foram alteradas pelos BCADs. Os níveis de K no plasma de vacas alimentadas com diferentes BCAD, não foram modificados pelos tratamentos no trabalho de GOFF e HORST (1997). No trabalho de SETTI (2001), com vacas holandesas, a variável K no sangue não apresentou diferença significativa no pré-parto (4,12 e 4,12mmol/L), nem no pós parto (4,0 e 4,0mmol/L), para as dietas catiônica e aniônica.

SCHNEIDER *et al.* (1984), trabalharam com vacas em lactação e estudaram os efeitos do estresse calórico e de dietas contendo bicarbonato de sódio e potássio. Os

autores não encontraram diferença entre as dietas para as concentrações séricas de K. VAGNONI e OETZEL (1998), trabalhando com vacas secas não encontraram alterações significativas nas concentrações de K sanguíneo em função das dietas. Foram observados níveis médios de K no sangue de 4,35; 4,31; 4,32 e 4,56mmol/L quando os animais foram submetidos aos BCAD de +203, -40, -51 e -63mEq/kg MS, respectivamente. SCHONEWILLE *et al.* (1999), estudaram o efeito de duas dietas, uma aniônica (-230mEq/kg MS) e outra catiônica (+332mEq/kg MS) em vacas não gestantes e não lactantes. Os autores verificaram que as concentrações de K no sangue total não foram afetadas pelas dietas.

GOMIDE *et al.* (2004a), em experimento com ovinos, não encontraram variação significativa ($P>0,05$) para a concentração de potássio no sangue, em função dos diferentes BCADs. JACKSON *et al.* (1992) verificaram o efeito de quatro níveis de BCAD (-180, +50, +230 e +380mEq/kg MS) em bezerros e relataram que as concentrações de K no sangue não foram alteradas pelos tratamentos.

Resultados bastante divergentes aos deste trabalho foram encontrados por outros autores. As concentrações de K no plasma de vacas em lactação mostraram resposta quadrática ao aumento do BCAD (WEST *et al.*, 1991a). ROGERS *et al.* (1985), NESTOR *et al.* (1988), SANCHEZ *et al.* (1994) e ROCHE *et al.* (2005) encontraram decréscimos do potássio no sangue com o aumento do BCAD. No trabalho de GAYNOR *et al.* (1989), as concentrações de K no plasma de vacas secas alimentadas com BCAD de +22mEq/kg MS foram maiores ($P<0,05$) que para vacas recebendo o BCAD de +60mEq/kg MS e tenderam a ser maiores com relação ao BCAD de +126mEq/kg MS. VAN MOSEL *et al.* (1993) relataram que o nível de K no plasma foi significativamente maior ($P<0,05$) em vacas leiteiras, alimentadas com dieta aniônica. Porém, no trabalho de TUCKER *et al.* (1988a), com vacas em lactação e quatro níveis de BCAD (-100, 0, +100 e +200mEq/kg MS), as concentrações de K no soro tenderam a ser maiores que os valores normais quando o BCAD aumentou. Nos trabalhos de ESCOBOSA *et al.* (1984) e O'CONNOR *et al.* (1988) foi verificado aumento dos níveis de potássio sérico com o aumento do BCAD.

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 ao BCAD utilizado. Segundo TUCKER *et al.* (1991c) o efeito do potássio dietético no K plasmático não tem apresentado resultados unânimes na literatura. A importância do potássio reside em sua relação com outros cátions e não em seus teores na dieta (SWENSON, 1984).

No presente trabalho, as concentrações de K dietético foram semelhantes. Parece provável que o mecanismo de controle do K tenha funcionado de forma adequada.

4.3.8 Cloro no sangue

Na Tabela 11 encontram-se os valores médios das concentrações de cloro no sangue de vacas lactantes, em função dos tratamentos, onde se observa diferença significativa ($P < 0,05$) entre as médias dos tratamentos. Foi verificada relação linear entre o balanço cátion-aniônico da dieta e a concentração de cloro no sangue, a qual diminuiu, conforme o BCAD aumentou. O efeito do BCAD sobre o nível de Cl sanguíneo está representado na Figura 17.

Tabela 11. Concentrações médias de Cl no sangue, expressas em mmol/L, de vacas leiteiras alimentadas com quatro níveis de dietas catiônicas.

	Tratamentos				Média	Análise de Variância	
	150	250	400	500		CV ¹ %	L ²
Cl	106,63	105,50	104,13	103,63	104,97	1,99	0,005
EP ³	0,844	0,535	1,025	0,498	0,726		

¹ Coeficiente de Variação.

² Efeito Linear.

³ Erro Padrão.

Os resultados deste experimento são semelhantes aos encontrados por TUCKER *et al.* (1988a), os quais, avaliando quatro níveis de BCAD, com variação de -100 a +200mEq de (Na+K) – Cl/kg MS, em vacas lactantes, verificaram efeito linear decrescente do teor de cloro plasmático, em função do aumento do BCAD. ROCHE *et al.* (2005) observaram diminuição linear da concentração de Cl no sangue de vacas conforme o BCAD aumentou de +230 para +880mEq/kg MS.

JACKSON *et al.* (1992) verificaram o efeito de quatro níveis de BCAD em bezerros e encontraram resposta quadrática para a concentração sanguínea de Cl, que diminuiu (107,8; 102,5; 102,3 e 102,1mEq/l) com o respectivo aumento do BCAD (-180, +50, +230 e +380mEq/kg MS).

TUCKER *et al.* (1988b) relataram decréscimos nos teores de cloreto no sangue de vacas, quando o BCAD foi aumentado. No trabalho de WEST *et al.* (1991a), vacas em lactação apresentaram declínio de Cl no soro associado com o aumento do BCAD. No trabalho de JACKSON e HEMKEN (1994) a concentração de Cl no sangue de bezerros holandeses foi menor para a dieta de +130mEq/kg MS quando comparada com a dieta

de -180mEq/kg MS. JACKSON *et al.* (2001) trabalhando com bezerros e dois níveis de BCAD (0 e +200mEq/kg MS), encontraram menor valor de Cl no sangue daqueles que receberam o maior BCAD.

WEST *et al.* (1992) encontraram resultados divergentes aos do presente trabalho. Os autores, trabalhando com vacas em lactação e diferentes níveis de BCAD, relataram que as concentrações séricas de Cl não foram alteradas. VAGNONI e OETZEL (1998) relataram níveis médios de Cl no sangue de 107, 107, 108 e 108mmol/L para vacas alimentadas com BCAD de +203, -40, -51 e -63mEq/kg de MS, respectivamente, porém, sem efeito estatisticamente significativo. No trabalho de SETTI (2001) houve diminuição no nível de Cl no soro de vacas alimentadas com o maior BCAD (93,31mmol/L) quando comparado com o menor BCAD (93,97mmol/L), porém esta diminuição não foi significativa. Entre vacas leiteiras alimentadas com BCAD de -4 ou +572,5mEq/kg MS, não houve diferença significativa quanto às concentrações de Cl no sangue (VAN MOSEL *et al.*, 1993). Ao estudar pequena variação do BCAD (+481 para +327mEq/kg MS) em vacas, DELAQUIS e BLOCK (1995a) não encontraram efeito significativo para a concentração de Cl no plasma. CHAN *et al.* (2005), trabalhando com vacas em lactação e três níveis de BCAD, não verificaram alteração na concentração de Cl no sangue como consequência da variação do BCAD.

TUCKER *et al.* (1992), testando dois níveis de BCAD (+30 e -90mEq/kg MS) em vacas secas, verificaram que o nível de Cl no plasma não foi afetado significativamente pela dieta, apesar do maior conteúdo de Cl na dieta com menor BCAD. GOMIDE *et al.* (2004a), em experimento com ovinos, não encontrou variação estatisticamente significativa ($P > 0,05$) para os valores de cloro plasmático em função dos diferentes níveis de BCAD.

No trabalho de TUCKER *et al.* (1991b), o maior nível de Cl na dieta causou aumento no nível de Cl no plasma ($P < 0,01$) em novilhas leiteiras. SANCHEZ *et al.* (1994) obtiveram efeito quadrático para aumentos de cloro no sangue com o aumento dos teores de cloreto na dieta. Outros autores como COPPOCK *et al.* (1979), FETTMAN *et al.* (1984), também relataram que o cloro plasmático foi responsivo, apenas à concentração de cloretos na dieta.

No presente trabalho a manipulação dos níveis de BCAD foi através da inclusão de NaHCO_3 , não havendo diferença nas concentrações de cloro das dietas.

Segundo PATIENCE (1991), para a manutenção do equilíbrio elétrico, se os rins excretarem uma carga positiva como sódio ou potássio, por exemplo, eles devem eliminar também uma metade da carga oposta na mesma quantidade. O metabolismo do Cl é controlado em relação ao sódio, a fim de manter a eletroneutralidade, desse modo,

quando um excesso de sódio é excretado pelos rins, geralmente há um excesso de cloreto também excretado. (WHEELER, 1980).

Neste experimento, o aumento do BCAD pode ter ocasionado maior excreção de Na, para que sua concentração sanguínea pudesse ser mantida, portanto, a possível explicação para a diminuição do nível de Cl no sangue com o aumento do BCAD, estaria no aumento da excreção de cloreto como íon “acompanhante” da excreção de sódio, para manter a neutralidade (TUCKER *et al.* 1988a).

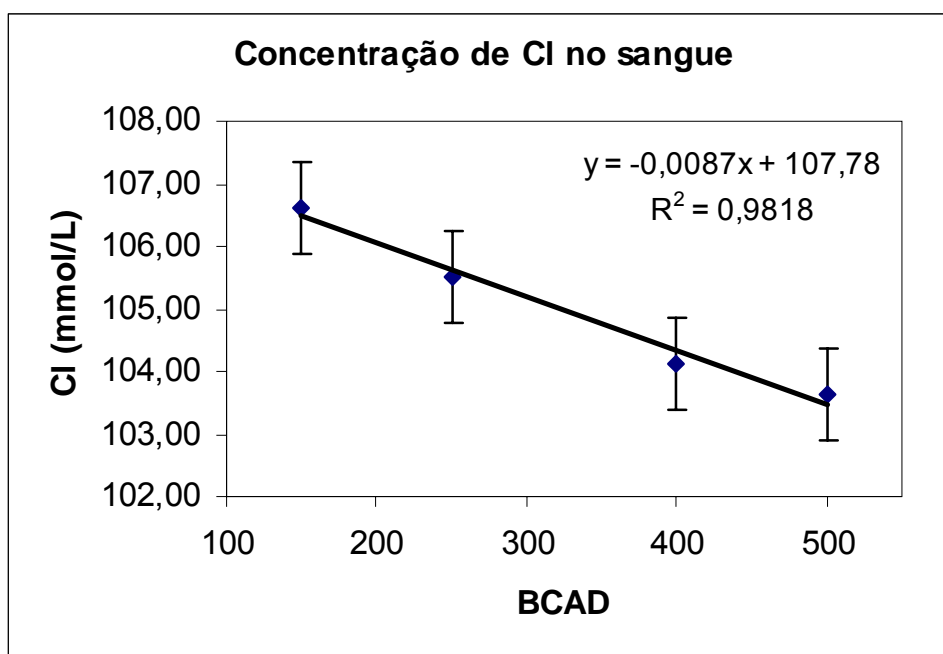


Figura 17. Efeito do BCAD sobre a concentração de cloro no sangue de vacas em lactação.

4.4 Ingestão de matéria seca

A Tabela abaixo contém os dados referentes às médias de ingestão de matéria seca (IMS) das vacas em lactação, de acordo com os tratamentos. A Figura 18 mostra o efeito do balanço cátion-aniônico da dieta, no consumo de matéria seca das vacas lactantes.

Tabela 12. Níveis médios de ingestão de matéria seca em kg/dia, em vacas de leite alimentadas com diferentes níveis de BCADs positivos.

	Tratamentos				Média	Análise de Variância	
	150	250	400	500		CV ¹ %	L ²
IMS	13,68	13,93	14,31	14,77	14,17	6,94	0,032
EP³	0,582	0,676	0,301	0,627	0,547		

¹ Coeficiente de Variação.

² Efeito Linear.

³ Erro Padrão.

Os resultados obtidos apresentaram efeito significativo ($P < 0,05$), onde a ingestão de matéria seca aumentou linearmente com o aumento do balanço cátion-aniônico da dieta (BCAD). Essa linearidade pode ser bem explicada por uma reta, que apresenta a seguinte equação: $y = 0,003x + 13,194$ e $R^2 = 0,9774$.

Segundo essa equação, no presente experimento, para um BCAD de 0mEq/kg MS, o consumo seria de 13,194kg/dia e, a cada aumento de 1mEq, a ingestão de matéria seca aumentaria 0,003kg/dia.

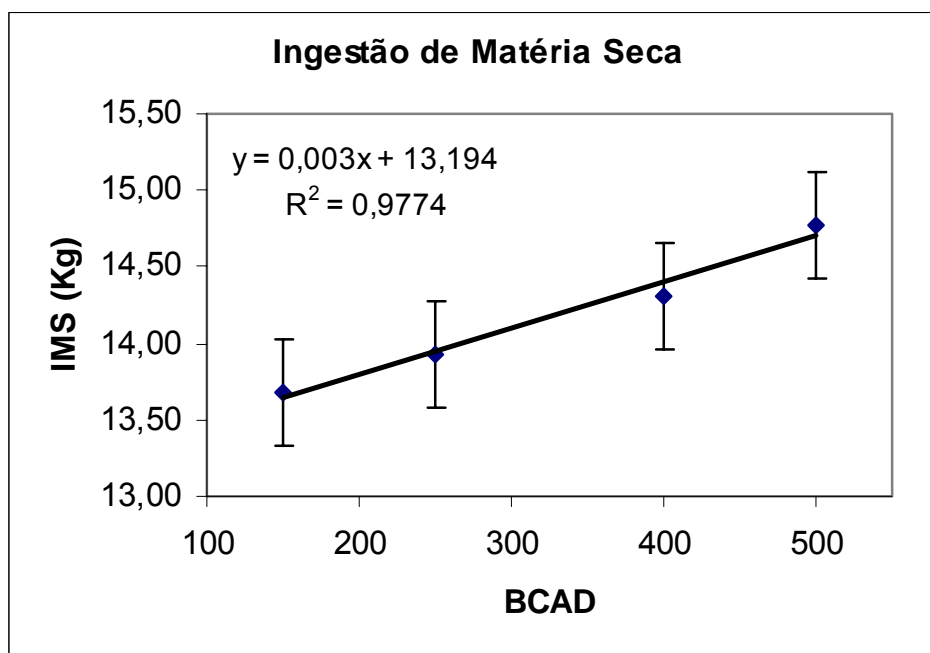


Figura 18. Influência de quatro níveis de BCAD sobre a ingestão de matéria seca de vacas em lactação.

O aumento da ingestão de matéria seca com BCADs mais altos é bem documentado na literatura.

Os resultados do atual trabalho concordam com os obtidos por WEST *et al.* (1992), os quais, em experimento com vacas em lactação, também encontraram aumento linear na IMS com o BCAD aumentando de +100 para +464mEq/kg MS. APPER-BOSSARD *et al.* (2006), testando dois níveis de concentrado (20 e 40%) e três de BCAD em vacas lactantes, observaram aumento linear da IMS conforme o BCAD aumentou de 0 para +300 mEq/kg MS, para as dietas de 40% de concentrado. FAUCHON *et al.* (1995), trabalhando com cordeiros recebendo BCAD de +100, +300, +500 e +700mEq de (Na+K) – (Cl)/kg MS, verificaram efeito linear significativo ($P < 0,01$) na ingestão de matéria seca, a qual aumentou de +100 até +500mEq/kg MS e não se alterou de +500 a +700mEq/kg MS. DEL CLARO *et al.* (2005b) encontraram aumento linear da ingestão de matéria seca, em ovinos alimentados com BCAD de -160, -40, +140, +250 e +500mEq/kg MS. Em geral, a IMS aumentou a partir do BCAD de +140 até o de +500mEq/kg MS. ROSS *et al.* (1994a), ao alimentarem novilhos em crescimento com dieta a base de volumoso (90%) e BCAD de -50, +85, +200 e +395mEq de (Na+K) – (Cl+S)/kg MS, observaram efeito linear positivo do BCAD com a IMS, até o 84º dia de experimento. No trabalho de ROSS *et al.* (1994b), com bovinos em terminação, alimentados com dieta concentrada (80%), houve efeito linear significativo ($P < 0,01$) nos primeiros 28 dias e, efeito quadrático até o 84º dia de experimento.

WEST (1990), em trabalho conduzido com vacas lactantes durante o frio e o calor, observou aumento do consumo de matéria seca, de forma quadrática, conforme aumento do BCAD. JACKSON *et al.* (1992), encontraram respostas quadráticas da IMS em bezerros alimentados com BCAD de -180, +50, +230 e +380mEq/kg MS. Nesse experimento, a IMS aumentou até o tratamento de +230mEq/kg MS.

No trabalho de APPER-BOSSARD e PEYRAUD (2004) com vacas em lactação recebendo dois níveis de concentrado (20 ou 40%) e três níveis de BCAD (0, +150 e +300mEq/kg de MS), a ingestão de matéria seca aumentou com o aumento do BCAD, sendo que as respostas foram maiores para a dieta de maior concentrado. TUCKER *et al.* (1994) estudando o efeito do sesquicarbonato de sódio (0 ou 1%) e BCADs de +115 e +288mEq/kg MS, respectivamente, encontraram tendência ao maior consumo de matéria seca para o tratamento com adição do tampão. DELAQUIS e BLOCK (1995a), avaliando dois níveis de balanço cátion-aniônico da dieta (BCAD) em vacas durante todo o estágio da lactação, encontraram um aumento na ingestão de matéria seca em vacas no início e fim da lactação, conforme aumentou o BCAD.

Poucos autores encontraram resultados divergentes aos deste trabalho. Entretanto, CHAN *et al.* (2005), conduziram um experimento para testar diferentes níveis de BCAD (+200, +350 e +500mEq/kg MS) em vacas em lactação, e concluíram que a IMS não foi influenciada pelas dietas. RUDE e RANKINS (1997) também não encontraram diferenças no consumo de matéria seca de vacas em lactação. JACKSON e HEMKEN (1994), fornecendo dietas de -180 a +130mEq/kg MS na forma de ração total para bezerros, não encontraram diferenças na IMS. JACKSON *et al.* (2001), fazendo uso de ração completa e BCAD de 0 e +200mEq/kg MS, em experimento desenvolvido com bezerros holandeses, não observaram alterações na IMS.

Segundo LEEK e HARDING citados por FORBES (1995), existem quimiorreceptores localizados no rúmen e retículo, cuja atividade depende do pH, sugerindo que a IMS diminui com a queda do pH ruminal. A explicação reside no efeito do pH na motilidade ruminal. Segundo ROCHE *et al.* (2005), BCADs altamente positivos podem alterar a fermentação ruminal e aumentar o pH do rúmen. Dessa forma, uma explicação da linearidade entre o BCAD e a IMS do presente experimento, é a relação existente entre o BCAD e o pH ruminal, o qual, provavelmente aumentou com o acréscimo do BCAD.

Segundo WINCHESTER e MORRIS citados por FORBES (1995), o aumento da ingestão de água resulta em proporcional aumento de IMS. Essa poderia ser outra razão do aumento da IMS com o aumento do BCAD, neste experimento, ou seja, um aumento do sódio dietético pode ter causado um possível aumento do consumo de água.

4.5 Produção, composição e propriedades físico-químicas do leite

4.5.1 Produção de leite e eficiência das dietas na produção

As produções médias de leite das vacas, padronizadas a 3,5% de gordura, estão apresentadas na Tabela 13, e os valores referentes à eficiência das dietas estão apresentados na Tabela 14. Na Figura 19 pode ser visto o efeito do BCAD sobre a produção leiteira das vacas.

Tabela 13. Dados referentes às produções médias de leite, em kg/dia, de vacas alimentadas com diferentes níveis de dietas catiônicas.

	Tratamentos				Média	Análise de Variância	
	150	250	400	500		CV ¹ %	L ²
Produção	15,68	16,82	17,29	18,06	16,96	12,10	0,03
EP³	1,537	1,215	1,264	1,820	1,459		

¹ Coeficiente de Variação.

² Efeito Linear.

³ Erro Padrão.

Tabela 14. Valores médios de eficiência das dietas na produção de leite (kg leite/kg MS ingerida), de vacas recebendo diferentes níveis de dietas catiônicas.

	Tratamentos				Média	Análise de Variância	
	150	250	400	500		CV ¹ %	P>F
Eficiência	1,15	1,21	1,21	1,22	1,20	8,37	0,56
EP²	0,080	0,060	0,080	0,102	0,081		

¹ Coeficiente de Variação.

² Erro Padrão.

Foi observada relação linear ($P < 0,05$) entre o balanço cátion-aniônico da dieta e a produção de leite, ou seja, à medida que houve acréscimo do BCAD, a produção também aumentou.

A equação da reta que explica a relação linear entre o BCAD e a produção leiteira é: $y = 0,0062x + 14,937$ e $R^2 = 0,9456$. No presente experimento, segundo a equação, para um BCAD de 0mEq/kg MS, a produção de leite seria de 14,937kg/dia e, a cada aumento de 1mEq, a produção aumentaria 0,0062kg/dia.

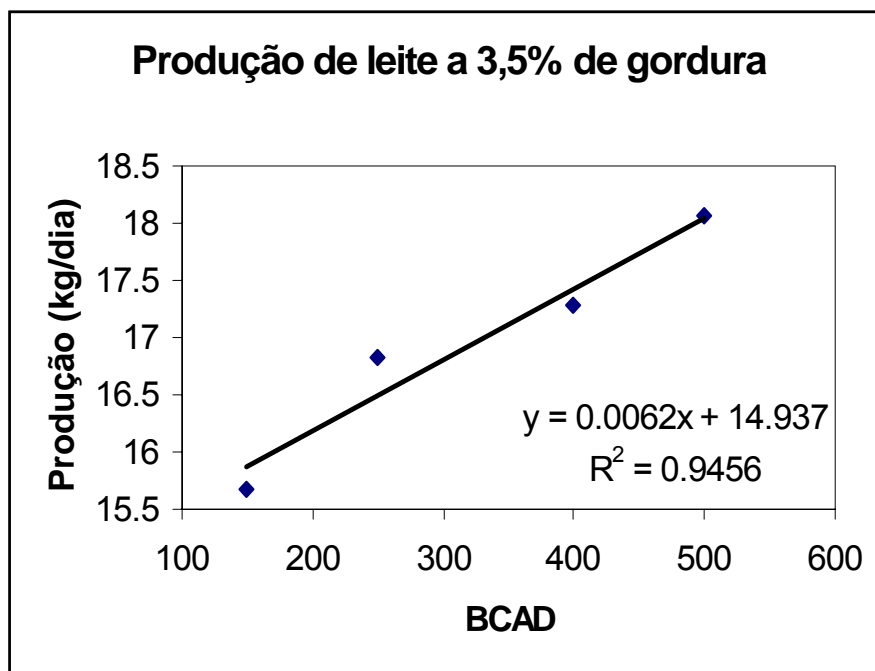


Figura 19. Efeito de quatro níveis de dietas catiônicas (+150, +250, +400 e +500mEq/kg MS) sobre a produção leiteira de vacas.

Os resultados do presente experimento são semelhantes aos encontrados por WEST (1990), que, testando quatro níveis de BCAD em vacas em lactação, durante o frio e o calor, observou aumento linear na produção de leite com o aumento do BCAD em ambas condições ambientais. WEST *et al.* (1991a) trabalhando com vacas em lactação e diferentes níveis de BCAD, relataram aumento linear na produção de leite conforme o BCAD aumentou de -100 para +310mEq/kg MS. No trabalho de APPER-BOSSARD *et al.* (2006) com vacas em lactação recebendo dois níveis de concentrado (20 e 40%) e três de BCAD (0, +150 e +300 mEq/kg MS), houve aumento linear da produção de leite corrigido a 4% de gordura com o acréscimo do BCAD, para as dietas com 40% de concentrado.

TUCKER *et al.* (1988a), avaliando quatro níveis de BCAD em vacas em lactação, encontraram aumento de 8,6% na produção de leite, quando comparados o maior e o

menor nível. SANCHEZ *et al.* (1990), ao trabalharem com vacas Holandesas no meio da lactação, verificaram que o menor BCAD (+130mEq de (Na+K) - Cl/kg MS) apresentou menores valores de produção de leite. WATERMAN *et al.* (1991) conduziram um experimento com vacas no meio da lactação e dietas com níveis diferentes de BCAD, onde a dieta basal continha 0mEq de (Na+K) - Cl/kg MS e os níveis foram atingidos com adição de Na+K ou Mg na dieta basal, observaram que a produção de leite aumentou com o aumento do BCAD, para dietas com Na+K, sugerindo um menor papel do Mg no BCAD. DELAQUIS e BLOCK (1995a), trabalhando com vacas durante todo o período de lactação e utilizando dois níveis de balanço cátion-aniônico da dieta encontraram um aumento na produção de leite em vacas no início e meio da lactação, conforme aumentou o BCAD, não sendo observado efeito benéfico no fim da lactação. APPERBOSSARD e PEYRAUD (2004), em experimento com vacas em lactação, dois níveis de concentrado (20 ou 40%) e três de BCAD (0, +150 e +300mEq/kg MS), observaram que houve acréscimo na produção de leite com o aumento do BCAD, sendo os melhores resultados obtidos com as dietas de maior concentrado. Como o status ácido-base dos animais foi bastante afetado, foi sugerido que o aumento do BCAD melhorou o desempenho através de mudanças no status ácido-base. ZIA *et al.* (2001) afirmaram que durante o pico da lactação, a produção de leite responde positivamente ao maior BCAD.

Em contrapartida, WEST *et al.* (1992), estudaram diferentes níveis de BCAD para vacas holandesas em lactação sob estresse térmico e, não verificaram alteração na produção de leite (21,2; 21,7; 21,4 e 21,9kg/dia). CHAN *et al.* (2005) avaliaram o efeito de diferentes níveis de BCAD em vacas em lactação e não observaram variação na produção de leite. BORUCKI CASTRO *et al.* (2004) em experimento com vacas em lactação e quatro níveis de BCAD relataram que a produção de leite não foi afetada pelas variações do BCAD. No trabalho de CAMPOS (1998) não houve efeito das dietas para produção de leite de vacas consumindo dieta aniônica ou catiônica. Para produção de leite e pico de produção de leite, as médias obtidas para a dieta catiônica foram maiores em relação à dieta aniônica, porém esta diferença não foi significativa (SETTI, 2001). No trabalho de ROCHE *et al.* (2005) com vacas em lactação, a produção de leite não foi afetada pelos diferentes níveis de BCAD. No experimento de TUCKER *et al.* (1994), os diferentes BCAD não afetaram a produção de leite. ESCOBOSA *et al.* (1984) e WARD e Mc CORMICK (2002) em experimentos com vacas em lactação e faixa de BCAD entre +250 a +400mEq/kg de MS não observaram alteração na produção de leite em função das dietas.

SANCHEZ *et al.* (1997), trabalharam com adição de misturas de NaHCO₃, NaCl e KCl em diferentes proporções nas dietas, e BCAD variando de +250 a +400mEq de (Na+K) -Cl/kg MS para vacas no meio da lactação. Segundo os autores, nenhuma das

dietas teve impacto significativo no desempenho lactacional. RAMANA *et al.* (2002) estudando o efeito da adição do bicarbonato na composição e produção de leite em vacas cruzadas, não encontraram efeito significativo na produção do leite.

Segundo SCHNEIDER *et al.* (1986), o aumento na produção leiteira de vacas em estresse calórico, devido ao consumo de bicarbonato de sódio, pode ser causado pelo aumento de sódio e não pela necessidade do bicarbonato. Em contrapartida, ERDMAN (1988) sugeriu que as respostas obtidas para vacas de leite parecem ser mais consistentes, quando o sódio é adicionado na forma de bicarbonato em vez de cloreto, definindo que a adição do bicarbonato de sódio tem um papel específico.

Os trabalhos de alguns autores, entre eles, os de TUCKER *et al.* (1988a), WATERMAN *et al.* (1991), WEST *et al.* (1990), WEST *et al.* (1991a), demonstraram que a produção de leite aumentou com o aumento da ingestão de matéria seca. Essa pode ser a explicação para os resultados do presente trabalho, uma vez que houve aumento linear da IMS com o acréscimo do BCAD, sendo o mesmo comportamento, observado para a produção de leite.

Com relação à eficiência das dietas na produção de leite, não houve diferença significativa entre as médias dos tratamentos, confirmando a hipótese de que a produção de leite aumentou em função do aumento da IMS.

4.5.2 Gordura do leite

Os dados referentes às porcentagens médias de gordura no leite das vacas, de acordo com os tratamentos, estão apresentados na Tabela 15. Não houve diferença significativa ($P > 0,05$) entre as médias dos tratamentos.

Tabela 15. Valores médios de gordura no leite, em porcentagem, de vacas recebendo quatro níveis de dietas com BCADs positivos.

	Tratamentos				Média	Análise de Variância	
	150	250	400	500		CV ¹ %	P>F
Gordura	2,64	2,70	2,69	2,86	2,72	16,36	0,766
EP²	0,181	0,159	0,175	0,256	0,193		

¹ Coeficiente de Variação.

² Erro Padrão.

Estes resultados concordam com aqueles observados por CHAN *et al.* (2005), os quais, fornecendo dietas com BCAD de +200 a +500mEq/kg MS para vacas em lactação não encontraram alteração na porcentagem de gordura do leite. KILMER *et al.* (1981), ao adicionarem bicarbonato de sódio às rações de vacas, em substituição ao cloreto e, conseqüentemente aumentando os valores de BCAD, não obtiveram alterações nos teores de gordura do leite.

WEST *et al.* (1992), estudando diferentes níveis de BCAD e duas fontes de cátion (Na e K) para vacas holandesas em lactação sob estresse térmico, não verificaram alterações nas concentrações de gordura do leite em função dos diferentes níveis de BCAD, entretanto houve aumento da gordura do leite para a fonte de Na quando comparada com a fonte de K, para um mesmo valor de BCAD. No trabalho de TUCKER *et al.* (1994), foi testado o efeito do sesquicarbonato de sódio (0 ou 1%) e dois níveis de BCAD (+115 e +288mEq/kg MS, respectivamente), na produção e composição de leite em vacas durante todo o período de lactação. No início e meio da lactação, a adição de sesquicarbonato de sódio não alterou a gordura do leite. Entretanto, no final da lactação a gordura do leite aumentou com a suplementação do sesquicarbonato. Os autores concluíram que o efeito da dieta tampão foi mais efetivo no final da lactação.

Além desse resultado obtido por TUCKER *et al.* (1994) no final da lactação, outros autores também encontraram alterações nos teores de gordura. Segundo

WATERMAN *et al.* (1991), em experimento com vacas no meio da lactação e dietas com níveis diferentes de BCAD, a alta concentração de cátion aumentou a porcentagem de gordura do leite. No trabalho de KRZYWIECKI *et al.* (2005), com vacas em lactação, o aumento no BCAD proporcionou aumento da gordura do leite. Segundo ZIA *et al.* (2001), as porcentagens de gordura do leite aumentaram com o aumento do BCAD.

ROCHE *et al.* (2005) observaram aumento linear da porcentagem de gordura no leite de vacas conforme o BCAD aumentou de +230 para +880mEq/kg MS. APPER-BOSSARD *et al.* (2006) avaliando dois níveis de concentrado (20 e 40%) e três de BCAD (0, +150 e +300 mEq/kg MS) em vacas lactantes, observaram aumento linear da porcentagem de gordura no leite com o acréscimo do BCAD, para a dieta de 40% de concentrado. Segundo os autores, o mecanismo envolvido pode ser um efeito tampão no rúmen, juntamente com a habilidade do BCAD positivo em manter o *status* ácido-base do sangue, em oposição ao aumento da quantidade de ácidos produzidos pelas vacas que receberam maiores níveis de concentrado. WEST *et al.* (1991a), trabalhando com vacas em lactação, relataram que a porcentagem de gordura no leite respondeu cubicamente ao aumento do BCAD. RAMANA *et al.* (2002) avaliando o efeito da adição do bicarbonato de sódio na composição e produção de leite em vacas cruzadas, encontraram aumento na gordura do leite com a adição do tampão.

Em contrapartida, KENNELLY *et al.* (1999), estudando o efeito da inclusão de bicarbonato de sódio e diferentes relações volumoso:concentrado em vacas holandesas, concluíram que a adição do tampão em dieta de alto concentrado diminuiu a gordura do leite. Os efeitos da adição do bicarbonato de sódio na correção de níveis baixos de gordura no leite de vacas alimentadas com dietas contendo baixa relação forragem/concentrado, não são claros.

4.5.3 Acidez do leite

Os dados apresentados na Tabela 16 estão expressos em °Dornic e correspondem aos valores médios de acidez do leite de vacas, em cada tratamento, onde se observa diferença estatisticamente significativa ($P < 0,01$) entre as médias das quatro dietas catiônicas. Foi observada resposta cúbica da acidez do leite. O efeito do BCAD sobre a acidez do leite é ilustrado na Figura 20.

Tabela 16. Valores médios da acidez do leite, em °Dornic, de vacas de recebendo quatro níveis de balanço cátion-aniônico da dieta.

	Tratamentos				Média	Análise de Variância	
	150	250	400	500		CV ¹ %	C ³
Acidez	19,13	16,25	16,63	15,00	16,75	10,72	0,042
EP³	1,060	0,366	0,565	0,598	0,647		

¹ Coeficiente de Variação.

² Efeito Cúbico.

³ Erro Padrão.

Pela análise de contrastes ortogonais, verificou-se que o tratamento com menor BCAD foi diferente ($P < 0,01$) dos demais tratamentos, apresentando a maior média de acidez do leite (19,13°D). Os tratamentos de +250 e +400mEq/kg MS não apresentaram diferença entre si ($P > 0,05$). Já o tratamento com maior BCAD foi diferente significativamente ($P < 0,01$) dos outros tratamentos, tendo a menor média para acidez do leite (15°D).

Não foram encontrados na literatura, trabalhos que relacionassem dietas catiônicas com acidez do leite.

O bicarbonato é um tampão do leite. No presente experimento, conforme aumentou o BCAD, aumentou a ingestão de bicarbonato, podendo ter ocorrido passagem deste para o leite, o que pode ser observado no tratamento de maior BCAD (com maior quantidade de NaHCO_3), onde houve menor acidez do leite. No tratamento de menor BCAD (sem adição de NaHCO_3), houve maior acidez do leite.

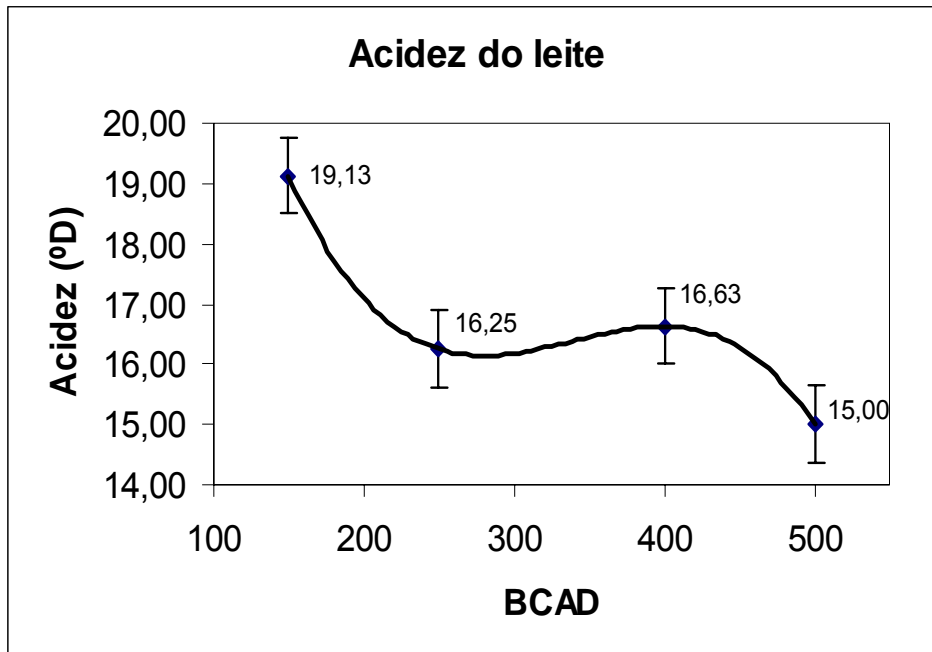


Figura 20. Efeito de diferentes balanços cátion-aniônicos da dieta sobre a acidez do leite de vacas.

4.5.4 pH do leite

Na Tabela 17 encontram-se os valores médios de pH do leite de vacas, por tratamento, onde se observa influência do BCAD, devido à diferença significativa ($P < 0,05$) observada entre as médias das quatro dietas. Os valores médios de pH do leite aumentaram linearmente ($P < 0,01$) com o acréscimo do BCAD. A Figura 21 ilustra a influência dos diferentes níveis de balanço cátion-aniônico da dieta no pH do leite das vacas.

Tabela 17. Níveis médios de pH do leite, de vacas alimentadas com diferentes níveis de dietas catiônicas.

	Tratamentos				Média	Análise de Variância	
	150	250	400	500		CV ¹ %	L ²
pH	6,75	6,76	6,80	6,83	6,79	0,75	0,002
EP³	0,042	0,026	0,037	0,045	0,038		

¹ Coeficiente de Variação.

² Efeito Linear.

³ Erro Padrão.

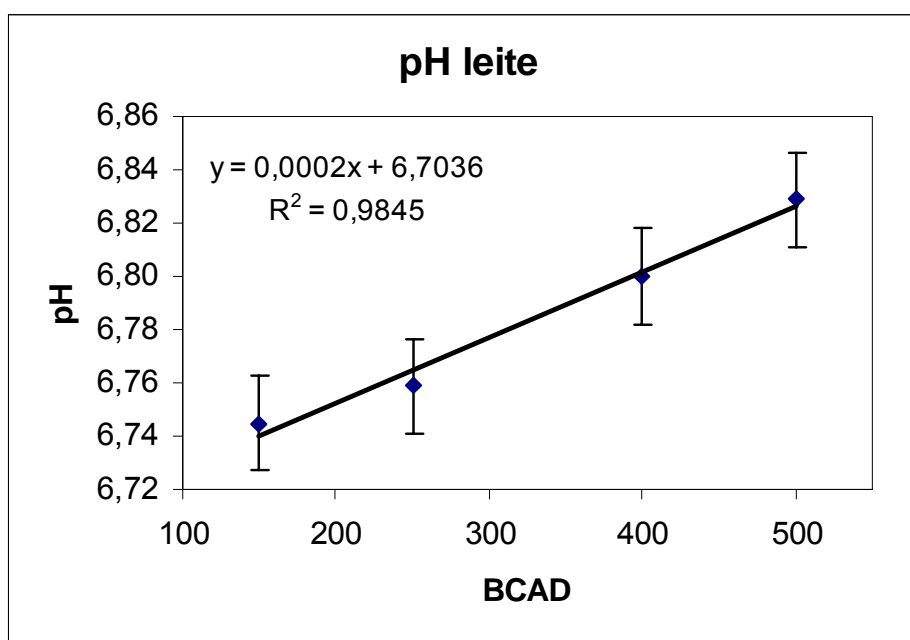


Figura 21. Efeito de quatro níveis de BCAD sobre o pH do leite de vacas.

Poucos trabalhos relacionando dietas catiônicas com pH do leite foram encontrados na literatura. No experimento de APPER-BOSSARD *et al.* (2006) com vacas em lactação, dois níveis de concentrado (20 e 40%) e três de BCAD (0, +150 e +300 mEq/kg MS), o pH do leite não foi afetado pelos tratamentos. ROCHE *et al.* (2005) não observaram alteração no pH do leite de vacas recebendo dietas com BCAD de +230 a +880mEq/kg MS.

No presente experimento, o aumento do BCAD e, conseqüente aumento da ingestão de bicarbonato de sódio, proporcionou aumento linear do pH sanguíneo. O bicarbonato é tampão tanto do sangue, como do leite. Como este é um filtrado do sangue, a possível passagem de bicarbonato para o leite, pode ter feito com que o pH aumentasse linearmente de acordo com o pH sanguíneo.

4.5.5 Índice crioscópico e Densidade do leite

As Tabelas 18 e 19 apresentam valores médios referentes ao índice crioscópico e densidade do leite de vacas, respectivamente, em função de cada tratamento.

Tabela 18. Dados referentes aos valores médios de índice crioscópico do leite ($^{\circ}\text{H}$), de vacas alimentadas com diferentes níveis de dietas catiônicas.

	Tratamentos				Média	Análise de Variância	
	150	250	400	500		CV ¹ %	P>F
IC	-0,537	-0,536	-0,540	-0,535	-0,537	1,14	0,518
EP²	0,001	0,002	0,003	0,002	0,002		

¹ Coeficiente de Variação.

² Erro Padrão.

Tabela 19. Densidades médias do leite a 15°C, de vacas recebendo quatro níveis de BCAD.

	Tratamentos				Média	Análise de Variância	
	150	250	400	500		CV ¹ %	P>F
Densidade	1,027	1,026	1,026	1,027	1,027	4,37	0,342
EP²	0,814	0,716	0,722	0,851	0,776		

¹ Coeficiente de Variação.

² Erro Padrão.

Os valores médios de índice crioscópico ($-0,537^{\circ}\text{H}$) e de densidade ($1,027\text{g/mL}$) encontrados no presente experimento foram próximos aos citados como padrão de leite cru refrigerado ($\text{IC}=-0,531^{\circ}\text{H}$; $\text{D}=1,028-1,034\text{g/mL}$) segundo o MAPA (2002). Entretanto, para ambas as variáveis, as médias dos tratamentos não foram estatisticamente diferentes ($P>0,05$).

Não foram encontrados na literatura, trabalhos que relacionassem dietas catiônicas com índice crioscópico e densidade do leite.

De acordo com BECCHI (2004) o índice crioscópico é um dos parâmetros analíticos de precisão utilizados para determinar a qualidade físico-química do leite, sendo um valor relacionado principalmente com a presença de maior ou menor quantidade de lactose e cloretos no leite. Entretanto, no presente experimento, apesar da influência na concentração de cloretos no sangue, não foi observado relação entre a variação de BCAD e índice crioscópico no leite.

Leite com alto teor de gordura, apresenta maior densidade em relação a leite com baixo teor de gordura, em razão do aumento do extrato seco desengordurado que acompanha o aumento no teor de gordura. No presente experimento não houve diferença significativa na concentração de gordura do leite consequentemente a densidade não foi alterada.

5. CONCLUSÕES

Os estados de alcalose e acidose metabólica podem ser manipulados pelo balanço cátion-aniônico da dieta. A inter-relação entre o BCAD e o equilíbrio ácido-base fisiológico pode levar a diferenças significativas no desempenho do animal.

A partir dos resultados encontrados no trabalho, ou seja, a resposta linear decrescente do CI, o aumento linear do bicarbonato, pH, CO_2 total pressão de CO_2 e a maior excreção de bicarbonato na urina, com conseqüente aumento também linear do pH urinário, com o aumento do BCAD, conclui-se que houve efeito das dietas sobre os mecanismos respiratórios e renais e, portanto, o equilíbrio ácido-base de vacas pode ser modificado por mudanças no balanço cátion-aniônico da dieta, mesmo dentro de variação positiva.

As concentrações de sódio e potássio no sangue não foram alteradas, talvez devido ao fato da tendência desses minerais se manterem em equilíbrio através dos mecanismos homeostáticos. A concentração de cálcio no sangue apresentou resposta quadrática, com maior valor para o menor BCAD.

Houve influência da dieta na ingestão de matéria seca e produção de leite, as quais aumentaram linearmente com o aumento do BCAD, portanto, conclui-se que há efeito benéfico do uso de alimentos catiônicos para vacas após o pico de lactação.

Os resultados de composição do leite encontrados na literatura são bastante divergentes e, com relação às propriedades físico-químicas, são praticamente inexistentes, havendo necessidade de maiores estudos sobre o assunto.

Como a maioria dos resultados do presente trabalho respondeu de forma linear ao aumento do BCAD, sugere-se que mais pesquisas sejam desenvolvidas com valores de BCAD mais elevados, a fim de que se possam encontrar a máxima resposta dos animais.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSEN, O.S. Blood acid-base alignment nomogram. **Scandinav. J. Clin & Lab. Investigation.**, v.15, p.211-217, 1963.

APPER-BOSSARD, E.; PEYRAUD, J.L. Dietary cation-anion difference could enhance acid-base status of lactating dairy cows submit to a subacidosis. **J. Anim. Feed Sci.**, v.13, p.27-30, 2004.

APPER-BOSSARD, E.; PEYRAUD, J.L.; FAVERDIN, P.; MESCHY, F. Changing dietary cation-anion difference for dairy cows fed with two contrasting levels of concentrate in diets. **J. Dairy Sci.**, v.89, p.749-760, 2006.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis.** 15.ed. Arlington: AOAC, 1990. 1298p.

BECCHI, C.S. Estudo do índice crioscópico do leite tipo B *in natura* produzido na bacia leiteira do Vale do Taquari, RS. **Acta Scientiae Veterinariae**, v.32, n.2, p.161-162, 2004.

BLOCK, E. Manipulating dietary anions and cations for prepartum dairy cows to reduce incidence of milk fever. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v.67, n.12, p.2939-2948, 1984.

BLOCK, E. The response to the balance of major minerals by dairy cow. **Dairy Science Abstracts**, v.52, p.12, 1990.

BLOCK, E. Manipulation of dietary cation-anion difference on nutritionally related production diseases, productivity, and metabolic responses of dairy cows. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v.77, n.5, p.1437-1450, 1994.

BORUCKI CASTRO, S.I.; PHILLIP, L.E.; GIRARD, V.; TREMBLAY, A. Altering dietary cation-anion difference in lactating dairy cows to reduce phosphorus excretion to the environment. **J. Dairy Sci.**, v.87, p.1751-1757, 2004.

BYERS, D.I. Management considerations for successful use of anionic salts in dry-cow diets. **Compend. Contin. Educ. Pract. Vet.**, v.16, n.1-3, p.237-242, 1994.

CAMPOS, J.M.S. 1998. **Balço dietético cátion-ânion na alimentação de vacas leiteiras, no período pré-parto.** TESE. UFMG. Belo Horizonte. 103p.

CHAN, P.S.; WEST, J.W.; BERNARD, J.K.; FERNANDEZ, M. Effects of dietary cation-anion difference on intake, milk yield, and blood components of the early lactation cow. **J. Dairy Sci.**, v.88, p.4384-4392, 2005.

CHURCH. D.C. **Bases científicas para la nutrición y alimentaci3n de los animales dom3sticos.** Zaragoza Editorial Acribia, 1977. 462p.

COPPOCK, C.E.; AGUIRE, R.A.; CHASE, L.E.; LAKE, G.B. *et al.* Effect of a low chloride diet on lactating holsteins cows. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v.62, n.5, p.723-731, 1979.

COPPOCK, C.E.; GRANT, P.A.; PORTZER, S.J.; ESCOBOSA, A.; WEHRLY, T.E. Effect of varying dietary ratio of sodium and chloride on the response of lactating dairy cows in hot weather. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v.65, n.4, p.552-565, 1982.

CUNNINGHAM, J.G. **Tratado de fisiologia veterinária.** Rio de Janeiro: Guanabara, 1999. 454p.

DAVENPORT, H. W. **ABC da Química Ácido-Básica do Sangue**. São Paulo: Ateneu, 1973. 127p.

DAVIDSON, J.; RODRIGUEZ, L.; PILBEAM, T. *et al.* Urine pH check helps avoid milk fever. **Hoard's Dairyman**, v.140, p.634, 1995.

DEL CLARO, G.R.; ZANETTI M.A.; SALLES, M.S.V. Influência da dieta aniônica no balanço macromineral em novilhos holandeses. **Arq. Med. Vet. Zootec**, v.74, n.3, p.281-283, 2002.

DEL CLARO, G.R.; ZANETTI, M.A.; SARAN NETTO, A.; CORREA, L.B.; PAIVA, F.A. Influência do balanço cátion aniônico da dieta sobre o pH da urina em ovinos. **Rev. Ciê. Vet.**, v.3, n.3, p.27-32, 2005a.

DEL CLARO, G.R.; ZANETTI, M.A.; PAIVA, F.A.; SARAN NETTO, A.; SALLES, M.S.V.; CORREA, L.B. Influência do balanço cátion aniônico da dieta no rúmen e no desempenho de ovinos. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.57, n.5, p.644-651, 2005b.

DEL CLARO, G.R.; ZANETTI, M.A.; CORREA, L.B.; SARAN NETTO, A.; PAIVA, F.A. Balanço cátion-aniônico da dieta no metabolismo de cálcio em ovinos. **Rev. Ciê. Rural**, v. 36, n.1, p.222-228, 2006.

DELAQUIS, A.M.; BLOCK, E. Acid-base status, renal function, water, and macromineral metabolism of dry cows. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v.78, n.4, p.604-619, 1995a.

DELAQUIS, A.M.; BLOCK, E. Acid-base status, renal function, water, and macromineral metabolism of dry cows. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v.78, p.2259-2284, 1995b.

DISHINGTON, I. W. Prevention of milk fever (hypocalcemic paresis puerperalis) by dietary salt supplements. **Acta Vet. Scand.**, v.16, p.503-512, 1975.

DOUGLAS, C.R. **Tratado de fisiologia aplicada à nutrição**. São Paulo:Robe, 2002a. 1046p.

DOUGLAS, C.R. **Tratado de fisiologia aplicada à saúde**. São Paulo:Robe, 2002b. 1582p.

ERDMAN, R.A.; HEMKEN, R.W.; BULL, L.S. Effects of dietary calcium and sodium on potassium requirements for lactating dairy cows. **J. Anim. Sci.**, Champaign, v.63, n.4, p.538-544, 1980.

ERDMAN, R.A.; HEMKEN, R.W.; BULL, L.S. Dietary sodium bicarbonate and magnesium oxide for early lactation dairy cows: effects on production, acid-base metabolism and digestion. **J. Dairy Sci.**, v.65, p.712-731, 1982.

ERDMAN, R.A. Dietary buffering requirements of the lactating dairy cow: a review. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v.71, n.12, p.3246-3266, 1988.

ESCOBOSA, A.; COPPOCK, C.E.; ROWE, L.D.; JENKINS, W.L.; GATES, C.E. Effects of dietary sodium bicarbonate and calcium chloride on physiological responses of lactating dairy cows in hot weather. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v.67, n.3, p.574-584, 1984.

FAUCHON, C.; SEOANE, J. R.; BERNIER, J. F. Effects of dietary cation-anion concentrations on performance and acid-base balance in growing lambs. **J. Anim. Sci.**, v.75, p.145-151, 1995.

FETTMAN, M.J.; CHASE, L.E.; BENTINCK-SMITH, J.; COPPOCK, C.E.; ZINN, S.A. Nutritional chloride deficiency in early lactation holstein cows. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v.67, n.10, p.2321-2335, 1984.

FREDEEN, A.; DEPETERS, E.J.; BALDWIN, R.L. Characterization of acid base disturbances and effects on calcium and phosphorus balances of dietary fixed ions in pregnant or lactating does. **J. Anim. Sci.**, Champaign, v.66, p.159-173, 1988.

FORBES, J. M. **Voluntary Food Intake and Diet Selection in Farm Animals**. Wallingford: CAB INTERNATIONAL, 1995. 532p.

GANT, R.G.; SANCHEZ, W.; KINCAID, R.L. Effect of anionic salts on selenium metabolism in nonlactating, pregnant dairy cows. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v.81, p.1637-1642, 1998.

GAYNOR, P.J.; MUELLER, F.J.; MILLER, J.K.; RAMSEY, N. *et al.* Parturient Hypocalcemia in Jersey Cows Fed Alfalfa Haylage-Based Diets with different Cation to anion Ratios. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v.72, p.2525-2531, 1989.

GHORBANI, G.R.; JACKSON, J.A.; HEMKEN, R.W. Effects of sodium bicarbonate and sodium sesquicarbonate on animal performance, ruminal metabolism and systemic acid-base status. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v.72, n.8, p.2039-2045, 1989.

GOFF, J.P.; HORST, R.L.; MUELLER, F.J.; MILLER, J.K. *et al.* Addition of chloride to a prepartal diet high in cations increases 1,25-dihydroxyvitamin D response to hypocalcemia preventing milk fever. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v.74, n.11, p.3863-3871, 1991.

GOFF, J.P.; HORST, R.L. Effects of the addition of potassium or sodium, but not calcium, to prepartum rations on milk fever in dairy cows. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v.80, p.176-186, 1997.

GOMIDE, C. A. **Influência de diferentes relações cátion-aniônicas sobre o balanço de minerais em ovinos**. São Paulo, 1996. 77p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo.

GOMIDE, C. A.; ZANETTI, M. A.; PENTEADO, M.V.C; CARRER, C.R.O.; DEL CLARO, G. R.; SARAN NETTO, A. Diferença cátion-aniônica da dieta no balanço de sódio, potássio, cloro e enxofre em ovinos. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 26, p. 373-378, 2004a.

GOMIDE, C. A.; ZANETTI, M. A.; PENTEADO, M.V.C.; SILVA, N.M.A; DEL CLARO, G. R.; SARAN NETTO, A. Influência da diferença cátion-aniônica da dieta sobre o balanço de cálcio, fósforo e magnésio em ovinos. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v. 56, n. n.3, p. 363-369, 2004b.

GURTLER, H.; KETZ, A.; KOLB, E.; SCHRODER, L.; SEIDEL, H. **Fisiologia Veterinária**. 4.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1987. 612p.

GUYTON, A .C. **Tratado de fisiologia médica**. 6.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1988. 799p.

GUYTON, A .C. **Tratado de fisiologia médica**. 8.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1992. 864p.

- HARPER, H.A.; RODWELL, V.W.; MAYES, P.A. **Review of physiological chemistry**. 17.ed. Los Altos: Lange Medical Publications, 1977. p.626-649.
- HARRIS Jr., B. Dietary electrolyte balancing rations in the prepartum or late dry period. **Agri-Practice**, v.14, p.21-24, 1993.
- HORST, R.L.; GOFF, J. P.; REINHARDT, T.A. Calcium and vitamin D metabolism in the dairy cow. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v.77, p.1936-1951, 1994.
- JACKSON, J.A.; HOPKINS, D.M.; XIN, Z.; HEMKEN, R.W. Influence of cation-anion balance on feed intake, body weight gain, and humoral response of dairy calves. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v.75, n.5, p.1281-1286, 1992.
- 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.** v.77 p.1430-1436, 1994.
- JACKSON, J.A.; AKAY, V.; FRANKLIN, S.T.; AARON, D.K. The effect of cation-anion difference on calcium requirement, feed intake, body weight gain, and blood gasses and mineral concentration of dairy calves. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v.84, p.147-153, 2001.
- JAMES, L.G.; WOHLT, J.E. Effect of supplementing equivalent cation amounts from NaCl, MgO, NaHCO₃ and CaCO₃ on nutrient utilization and acid-base status of growing Dorset lambs fed high concentrate diets. **J. Anim. Sci.**, Champaign, v.60, n.1, p.307-315, 1985.
- JARDON, P.W. Using urine pH to monitor anionic salts programs. **Compend. Contin. Educ. Pract. Vet.**, v.17, p.860-862, 1995.
- JOYCE, P.W.; SANCHEZ, W.K.; GOFF, J.P. Effect of anionic salts in prepartum diets based on alfafa. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v.80, p.2866-2875, 1997.
- KENNELLY, J.J.; ROBINSON, B., KHORASANI, G.R. Influence of carbohydrate source and buffer on rumen fermentation characteristics, milk yield, and milk composition in early lactation Holstein cows. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v.82, n.11, p.2486-2496, 1999.
- KILMER, L.H.; MULLER, L.D.; SNYDER, T.J. addition of sodium bicarbonate to rations of postpartum dairy cows: physiological and metabolic effects. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v.64, n.12, p.2357-2369, 1981.
- KIM, H.S.; YOON, S.; KWEON, U.; PARK, S. *et al.* Effect of dietary ion balance on blood, urinary metabolites DM intake and gain of growing Holstein cattle. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v.19, n.2, p.96-104, 1997.
- KRZYWIECKI, S.; BODARSKI, R.; PRES, J.; LUCZAK, W. The relationship between cation-anion differences in dairy cow diets and some blood indices levels and milk composition. **J. Anim. Feed Sci.**, v.14, p.271-274, 2005.
- LEACH Jr., R.M., Dietary electrolytes: story with many facets. **Feedstuffs**, v.51, p.27-28, 1979.
- LECLERC, H.; BLOCK, E. Effects of reducing dietary cation-anion balance prepartum dairy cows with specific refernce to hypocalm parturient paresis. **Can. J. Anim. Sci.**, v.69, p.411-423, 1989.

LEITE, L.C.; ANDRIGUETTO, J.L.; De PAULA, M.C.; VENANCIO, R.M.; ROCHA, M. Decreasing dietary cation-anion balances in Holstein cows. **Rev. Bras. Zoot.**, v.32, p.1259-1265, 2003.

MAPA [Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento]. Instrução normativa nº51, de 18 de setembro de 2002. Disponível no URL: <www.agricultura.gov.br/sda/dipoa/in51.htm>. Acesso em 25 de setembro de 2005.

MAYBERRY, J.P.; SUNDBERG, P.L. Feeding the dry cow to avoid parturient paresis. **Iowa State University Veterinarian**, v.55, p.86-91, 1993.

McDOWELL, L.R. **Minerals in Animal and Human Nutrition**. New York: Academic, 1992.

MILES, R.; BUTCHER, G. Equilíbrio ácido-base I: princípios básicos. **Industria Avícola**, p.21-24, fev., 1993a.

MILES, R.; BUTCHER, G. Equilíbrio ácido-base II: La regulación del equilibrio. **Industria Avícola**, p.8-12, fev., 1993b.

MONGIN, P. Recent advances in dietary anion-cation balance: applications in poultry. **Pro. Nutr. Soc.**, Cambridge, v.40, n.3, p.285-295, 1981.

MOORE, S.J.; VANDEHAAR, M.J.; SHARMA, B.K.; PILBEAM, T.E. *et al.* Effects of altering dietary cation-anion difference on calcium and energy metabolism in peripartum cows. **J. Dairy Sci.**, n.83 p.2095-2104, 2000.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient Requirement of Dairy Cattle**. 6.ed. Washington, D.C., National Academy of Sciences, 1989. 157p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient Requirement of Dairy Cattle**. Washington, D.C., National Academy of Sciences, 2001.

NESTOR Jr, K.E.; HEMKEN, R.W.; HARMON, R.J. Influence of sodium chloride and potassium bicarbonate on udder edema and selected blood parameters. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v.71, n.2, p.366-372, 1988.

NORMAS ANALÍTICAS DO INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos Físicos e Químicos para análise de alimentos**. 3.ed. São Paulo, 1985. 533p.

O'CONNOR, A.M.; BEEDE, D.K.; WILCOX, C.J. Lactational responses to dietary magnesium, potassium and sodium during winter in Florida. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v.71, n.4, p.971-981, 1988.

OETZEL, G.R., OLSON, J.D., CURTIS, C.R., FETTMAN, M.J. Ammonium chloride and ammonium sulfate for prevention of parturient paresis in dairy cows. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v.71, n.12, p.3302-3309, 1988.

OETZEL, G.R.; FETTMAN, M.J.; HAMAR, D.W.; OLSON, J.D. Screening of anionic salts for palatability, effects on acid-base status, and urinary calcium excretion in dairy cows. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v.74, n.3, p.965-971, 1991.

OWENS, F.N.; SECRIST, D.S.; HILL, W.J.; GILL, D.R. Acidosis in cattle: a review. **J. Anim. Sci.**, Champaign, v.75, n.3, p.727-735, 1998.

PATIENCE, J. F.; AUSTIC, R. E.; BOYD, R. D. Effect of dietary electrolyte balance on growth and acid-base status in swine. **J. Anim. Sci**, Champaign, v.64, p.457-466, 1987.

PATIENCE, J. F. Acid-base balance in animal nutrition. In: **CONTINUING EDUCATION CONFERENCE**, Harris Ranch: ARPAS, p.1-41, 1991.

PEHRSON, B.; SVENSSON, C.; GRUVAEUS, I.; VIRKKI, M. The influence of acidic diets on the acid-base balance of dry cows and the effect of fertilization on the mineral content of grass. **J. Dairy Sci.**, v.82, p.1310-1316, 1999.

RAMANA, D.B.V.; SARMA, K.S.; REDDY, V.P. Effect of feeding buffer on milk yield and composition of crossbred cows. **Indian Vet. J.**, v.79, p.53-55, 2002.

ROCHE, J. R., S. PETCH, AND J. K. KAY. Manipulating the dietary cation-anion difference via drenching to early lactation dairy cows grazing pasture. **J. Dairy Sci.**, v.88, p.264-276, 2005.

ROGERS, J.A.; MÜLLER, L.D.; DAVIS, C.L.; CHALUPA, W. *et al.* Response of dairy cows to sodium bicarbonate and limestone in early lactation. **J. Anim. Sci**, Champaign, v.68, n.3, p.646-660, 1985.

ROSS, J. G.; SPEARS, J. W.; GARLICH, J. D. Dietary electrolyte balance effects on performance and metabolic characteristics in growing steers. **J. Anim. Sci**, Champaign, v.72, p.1842-1848, 1994a.

ROSS, J. G.; SPEARS, J. W.; GARLICH, J. D. Dietary electrolyte balance effects on performance and metabolic characteristics in finishing steers. **J. Anim. Sci**, Champaign, v.72, p.1600-1607, 1994b.

RUDE, B.J.; RANKINS, D.L. Mineral status in beef cows fed broiler litter diets with cation-anion differences or supplemented with hay. **J. Anim. Sci**, Champaign, v.75, n.3, p.727-735, 1997.

SANCHEZ, W.K.; BEEDE, D.K.; CORNELL, J.A. Lactational performance and acid-base status of midlactation Holstein fed graded concentrations and cation-anion differences (CAD) of sodium, potassium and chloride. **J. Dairy Sci.**, v.73, p.162, 1990.

SANCHEZ, W.K.; BEEDE, D.K.; CORNELL, J.A. Interactions of sodium, potassium and chloride on lactation, acid-base status and mineral concentrations. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v.77, n.6, p.1661-1675, 1994.

SANCHEZ, W.K.; BLAUWIEKEL, R. Prevention of milk fever by application of dietary cation-anion balance concept. **Nutr. Abstr. Rev.**, v.65, p.147, 1995.

SANCHEZ, W.K.; BEEDE, D.K. Is there an optimal cation-anion difference for lactation diets? **Anim. Feed Sci. Tech.**, v.59, p.3-12, 1996.

SANCHEZ, W.K.; BEEDE, D.K.; CORNELL, J.A. Dietary mixtures of sodium bicarbonate, sodium chloride and potassium chloride: effects on lactational performance, acid-base status, and mineral metabolism of Holstein cows. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v.80, n.6, p.1207-1216, 1997.

SAS Institute Inc., **SAS Stat Guide**, Release 6.03 Edition. Cary, NC: SAS Institute Inc., 1988. 1028p.

- SCHNEIDER, P.L.; BEEDE, D.K.; WILCOX, C.J.; COLLIER, R.J. Influence of dietary sodium and potassium bicarbonate and total potassium on heat-stressed lactating dairy cows. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v.67, n.11 p.2546-2553, 1984.
- SCHNEIDER, P.L.; BEEDE, D.K.; WILCOX, C.J. Responses of lactating cows to dietary sodium source and quantity and potassium quantity during heat stress. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v.69, n.1, p.99-110, 1986.
- SCHONEWILLE, J.T.; KLOOSTER, A.T.; DIRKZWAGER, A. *et al.* Stimulatory effect of anion (chloride)-rich ration on apparent calcium absorption in dairy cows. **Livestock Prod. Sci.**, v.40, p.233-240, 1994.
- SCHONEWILLE, J.T.; KLOOSTER, A.T.; WOUTERSE, H.; BEYNEN, A.C. Hypocalcemia induced by intravenous Administration of disodium ethylenediaminetetraacetate and its effects on excretion of calcium in urine of cows. **J. Dairy Sci.** v.82, p.1317-1324, 1999.
- SETTI, M.C. **Estudo dos efeitos do balanço cátion-aniônico da dieta (BCAD) em alguns parâmetros metabólicos de vacas da raça Holandesa.** Jaboticabal., 2001. 209p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. UNESP.
- SEYMOUR, W.M.; NOCEK, J.E.; SICILIANO-JONES, J. *et al.* Effect of feeding an anionic diet pré-partum on blood, health, reproductive and productive parameters in Holsteins cows. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v.75, p.297, 1992.
- SWENSON, M.J. **Dukes fisiologia dos animais domésticos.** 10. ed. Rio de Janeiro: Guanabara, 1984. 799p.
- TAKAGI, H.; BLOCK, E. Effects of various dietary cation-anion balances on response to experimentally induced hypocalcemia in sheep. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v.74, p.4215-4224, 1991.
- TAURIAINEN, S.; SANKARI, S.; PYORALA, S.; QVIST, L. Effect of anionic salts in concentrate mixture and calcium intake on some blood and urine minerals, acid-base balance and feed intake of dry pregnant cows on grass silage based feeding. **Agric. Food Sci. Finland**, v.7, n.5, p.523-533, 1998a.
- TAURIAINEN, S.; SANKARI, S.; PYORALA, S.; SYRJALA-QVIST, L. Effect of anionic salts in concentrate mixture and magnesium intake on some urine minerals, acid-base balance and feed intake of dry pregnant cows on grass silage based feeding. **Agric. Food Sci. Finland**, v.7, n.5, p.535-543, 1998b.
- TAURIAINEN, S.; SANKARI, S.; PYORALA, S.; SYRJALA-QVIST, L. Effect of anionic salts and potassium intake on some blood and urine minerals and acid-base balance of dry pregnant cows on grass silage based feeding. **J. Anim. Feed Sci.**, v.10, n.1, p.57-71, 2001.
- TAURIAINEN, S. Effect of anionic salts on some blood and urine minerals, acid-base balance and udder oedema of dry pregnant cows. **Agric. Food Sci. Finland**, v.12, n.5, p.83-93, 2003.
- TUCKER, W.B.; HARRISON, G.A.; HEMKEN, R.W. Influence of dietary cation-anion balance on milk, blood, urine and rumen fluid in lactating dairy cattle. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v.71, p.346-354, 1988a.

TUCKER, W.B.; XIN, Z.; HEMKEN, R.W. Influence of dietary calcium choride on adaptive changes in acid-base status and mineral metabolism in lactation dairy cows fed a diet high in sodium bicarbonate. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v.71, n.6, p.1587-1597, 1988b.

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.**, Champaign, v.73, n.12, p.3485-3493, 1990.

TUCKER, W.B.; HOGUE, J.F.; WATERMAN, D. F.; SWENSON, T.S. *et al.* Role of sulfur and chloride in dietary cation-anion balance equation for lactating dairy cattle. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v.69, n.3, p.1205-1213, 1991a.

TUCKER, W.B.; XIN, Z.; HEMKEN, R.W. Influence of calcium chloride on systemic acid-base status and calcium metabolism in dairy heifers. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v.74, p.1401-1407, 1991b.

TUCKER, W.B.; JACKSON, J.A.; HOPKINS, D.M.; HOGUE, J.F. Influence of dietary sodium bicarbonate on the potassium metabolism of growing dairy calves. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v.74, n.7, p.2296-2302, 1991c.

TUCKER, W.B.; HOGUE, J.F.; ADAMS, G.D. Influence of dietary cation-anion balance during the dry period on the occurrence of paresis in cows fed excess calcium. **J. Anim. Sci.**, Champaign, v.70, p.1238-1250, 1992.

TUCKER, W.B.; SHIN, I.S; HOGUE, J.F.; ASLAM, M. *et al.* Natural sodium sesquicarbonate fed for an entire lactation: influence on performance and acid-base status of dairy cows. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v.77, n.10, p.531-537, 1994.

VAGNONI, D. B.; OETZEL, G.R. Effects of dietary cation-anion difference on the acid-base status of dry cows. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v.81, p.1643-1652, 1998.

VAN MOSEL, M., VAN'T KLOOSTER, A.T., VAN MOSEL, F. *et al.* Effects of reducing dietary $[(Na + K)] - [(Cl+SO_4)]$ on the rate of calcium mobilization by dairy cows at parturition. **Res. Vet. Sci.**, v.54, p.1-9, 1993.

WALKER, R.G.; CARTER, R.R.; MCGUIGAN, K.R.; KNIGHT, R.L.; SILVER, B.A. The effect of altering the cation-anion balance of the pre-calving diet of dairy cows on post-calving milk production and health. **BIENNIAL IN CONFERENCE**, 22., University of New England, Armidale, New South Wales, Australia, 20-24 April, 1998.

WANG, C.; BEEDE, D.K. Influence of anionic (acidogenic) salts on acid-base status and calcium metabolism of nonlactating Jersey cows. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v.74, p.275, 1991.

WARD, J. D.; Mc CORMICK, M.E. Increased dietary cation-anion balance in component fed dairy cattle during hot weather. **J. Dairy Sci.**, v.83, p.1171, 2000.

WATERMAN, D.F.; SWENSON, T.S.; TUCKER, W.B.; HEMKEN, R.W. Role of magnesium in the dietary cation-anion balance equation for ruminants. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v.74, n.6, p.1866-1873, 1991.

WEST, J. W. Effect of dietary electrolyte balance on performance of lactating dairy cows. **Georgia Nutrition Conference**, p.92-99, 1990.

- WEST, J. W.; MULLINIX, B.G.; SANDIFER, T.G. Changing dietary electrolyte balance for dairy cows in cool and hot environments. **J. Dairy Sci.**, v.74, p.1662-1674, 1991a.
- WEST, J. W.; MULLINIX, B.G.; SANDIFER, T.G. The effect of dietary cation-anion balance and cation source on lactational performance and acid-base chemistry of lactating cows during hot, humid weather. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v.74, n.1, p.276, 1991b.
- WEST, J.W.; HAYDON, K.D.; MULLINIX, B.G.; SANDIFER, T.G. Dietary cation-anion balance cation source effects on production and acid-base status of heat-stressed cows. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v.75, p.2776-2786, 1992.
- WHEELER, W.E. Gastrointestinal tract pH environment and the influence of buffering materials on the performance of ruminants. **J. Anim. Sci.**, Champaign, v.51, n.1, p.224-232, 1980.
- WHITING, S.J.; DRAPER, H.H. Effect of chronic acid load as sulfate or sulfur amino acids on bone metabolism in adult rats. **J. Nutr.**, Philadelphia, v.111, n.10, p.1721-1726, 1981.
- WILSON, K. L.; MIN, S.H.; REVELL, D.K.; LEE, J. *et al.* The effects of a cation-anion balanced diet on calcium and phosphorus metabolism in growing lambs. **Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production**, v.58, p.192-194, 1998.
- WON, J.H., OISHI, N., KAWAMURA, T. *et al.* Mineral metabolism in plasma, urine and bone of periparturient cows fed anionic diets with different calcium and phosphorus contents. **J. Vet. Med. Sci.**, v.58, p.1187-1192, 1996.
- YEN, J.T.; POND, W.G.; PRIOR, R.L. Calcium chloride as a regulator of feed intake and weight gain in pigs. **J. Anim. Sci.**, Champaign, v.52, n.4, p.778-782, 1981.
- ZIA, U. H, SARWAR, M.; ZAFAR, I; BILAL, M.Q.; CHATHA, Z.A. Dietary cation-anion balance in the ruminants II – effects during mid lactation and dry period. **International Journal of Agriculture and Biology**, v.3, p.143-148, 2001.