



NAINA MAGALHÃES LOPES

SUPLEMENTAÇÃO DE VACAS LEITEIRAS COM
FARINHA DE ALGAS (*Lithothamnium calcareum*)

LAVRAS - MG

2012

NAINA MAGALHÃES LOPES

**SUPLEMENTAÇÃO DE VACAS LEITEIRAS COM FARINHA
DE ALGAS (*Lithothamnium calcareum*)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em produção animal, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador

Dr. Marcos Neves Pereira

LAVRAS – MG

2012

Ficha Catalográfica Elaborada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca da UFLA

Lopes, Naina Magalhães.

Suplementação de vacas leiteiras com farinha de algas
(*Lithothamnium calcareum*) / Naina Magalhães Lopes. – Lavras :
UFLA, 2012.

61 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2012.

Orientador: Marcos Neves Pereira.

Bibliografia.

1. Alcalinizante. 2. Gasometria sanguínea. 3. Balanço ácido-
básico. 4. Acidose. 5. Nutrição animal. I. Universidade Federal de
Lavras. II. Título.

CDD – 636.208557

**SUPLEMENTAÇÃO DE VACAS LEITEIRAS COM FARINHA
DE ALGAS (*Lithothamnium calcareum*)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em produção animal, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 30 de julho de 2012.

Dr. Gustavo Augusto Andrade

IFSUL DE MINAS/ MACHADO

Dr. Raimundo Vicente de Sousa

UFLA

Dra. Renata Apocalypse Nogueira Pereira

EPAMIG

Dr. Marcos Neves Pereira

Orientador

LAVRAS – MG

2012

AGRADECIMENTO

Ao professor Marcos Neves, pelos ensinamentos.

À Renata, pela amizade e cumplicidade.

Ao CNPq, pela bolsa de estudos.

Aos meus irmãos do Grupo do Leite, pela ajuda incondicional, pelo companheirismo e por me tornarem uma pessoa melhor.

Meu agradecimento especial aos meus anjos da guarda, pessoas que iluminam meus passos diariamente.

Aos meus familiares, pelo apoio e por compreenderem a minha ausência.

E a todos que me passaram por minha vida. Com todos aprendi algo.

"O mais difícil dessa jornada foi aprender que as pessoas que simplesmente te aplaudem, não te farão crescer;
Os verdadeiros professores e amigos te apontaram os defeitos e te cobraram melhora não no intuito de te rebaixar, mas para o seu crescimento.
As cobranças e as críticas indicam, apenas, que podemos ser melhor."

Ao meu pai, *in memoriam*, ofereço.
As minhas melhores amigas e a minha mãe e minha irmã, dedico

RESUMO

O desempenho de vacas leiteiras e o balanço ácido-básico venoso em resposta à suplementação com esqueleto finamente moído de algas *Lithothamnium calcareum* (Superal Algarea Mineração Ltda., Rio de Janeiro, RJ) foram avaliados. Vinte vacas da raça Holandês receberam quatro tratamentos, em quadrados latinos 4 x 4, com períodos de 21 dias e resposta avaliada na terceira semana. Os tratamentos foram (% MS): dieta basal, ou a mesma dieta acrescida de 1% da MS de farinha de algas, 0,5% de farinha de algas + 0,5% de bicarbonato de sódio, ou 1% de bicarbonato de sódio. As dietas continham (% da MS): 52,7% de silagem de milho, 2,2% de tifton, 21,7% de farelo de soja e 21% de milho reidratado e ensilado. Nos dias 19 a 21 de cada período, o teor de amido dietético foi abruptamente aumentado por substituição parcial de 12% MS de silagem de milho por milho reidratado e ensilado. Houve tendência de queda no consumo quando a farinha de algas foi acrescida à dieta basal ($P = 0,06$) e ganho linear no consumo ($P < 0,01$) e na produção de leite ($P = 0,10$) quando bicarbonato substituiu a farinha de algas. A suplementação com tamponantes aumentou o tempo de primeira ingestão, contudo, o consumo para o tratamento com farinha de algas foi menor na parte da manhã ($P = 0,05$). A composição gasométrica do sangue foi alterada pelo tratamento com farinha de algas com aumento da pressão de gás carbônico ($P = 0,08$) e redução da pressão de oxigênio ($P < 0,01$). As alterações foram realçadas com o desafio de amido. A farinha de algas pode ser um potente manipulador do balanço ácido-básico venoso, quando em baixa inclusão dietética e em fases específicas da lactação de alta ocorrência de acidemia.

Palavras-Chave: *Lithothamnium calcareum*; alcalinizante; acidose; consumo; balanço ácido-básico.

ABSTRACT

Performance and venous acid-base balance of dairy cows supplemented with skeleton finely ground of algae *Lithothamnium calcareum* (Superal Algarea Mineração Ltda., Rio de Janeiro, RJ) was evaluated. Twenty Holsteins received four treatments, in 4x4 latin squares, with 21 day periods, and response evaluated on the third week. Treatments were (% of DM): Basal diet, or equal diet plus 1% of DM of algae meal, 0.5% algae meal + 0.5% sodium bicarbonate, or 1% sodium bicarbonate. Diets contained 42.7% corn silage, 2.2% Tifton, 21.7% soybean meal, and 20% high moisture corn silage. Between days 19 and 21 of each period, the content of dietary starch was abruptly increased by partial replacement of 12% DM corn silage for high moisture corn. There was a trend for decreased intake when algae meal was added to the basal diet ($P=0.06$), and linear gain in intake ($P<0.01$) and milk yield ($P=0.10$) and solid of milk when bicarbonate replaced algae meal. The time of the first daily meal was shorter for the basal diet. Supplementation with increased buffering time of first ingestion, however, the use for treatment with algal meal was lower than in the morning ($P = 0.05$). The blood gas composition of the blood was altered by treatment with seaweed meal with increased pressure of carbon dioxide ($P = 0.08$) and reduced oxygen pressure ($P <0.01$). Changes were highlighted with the challenge of starch. The seaweed meal can be a powerful manipulator of venous acid-base balance in low dietary inclusion and specific stages of lactation when the occurrence of acidemia is high.

Keywords: *Lithothamnium calcareum*; alkalizer; acidosis; intake; acid-base balance

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Nutrientes em dois produtos comerciais de farinha de algas calcárias (<i>Lithothamnium sp.</i>). Composição relatada pelos fabricantes.	14
Tabela 2: Resumo dos estudos onde as variáveis sanguíneas foram relacionadas à inclusão de cargas na dieta.	33
Tabela 3: Composição das dietas nos tratamentos controle (C), farinha de algas (A), farinha de algas e bicarbonato de sódio (AB) ou bicarbonato de sódio (B)	38
Tabela 4 Composição das dietas durante o aumento no teor dietético de amido nos tratamentos controle (C), farinha de algas (A), farinha de algas e bicarbonato de sódio (AB) ou bicarbonato de sódio (B).....	39
Tabela 5: Desempenho, consumo de matéria seca e digestibilidade aparente no trato digestivo total de vacas leiteiras nos tratamentos controle (C), farinha de algas (A), farinha de algas e bicarbonato de sódio (AB), ou bicarbonato de sódio (B).....	45
Tabela 6 :Desempenho e consumo de matéria seca de vacas leiteiras posterior (Dias 1, 2 e 3) e anterior (Dia 0. Média de cinco dias pré-desafio com amido) a aumento no teor dietético de amido nos tratamentos controle (C), farinha de algas (A), farinha de algas e bicarbonato de sódio (AB), ou bicarbonato de sódio (B).....	46

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1: Foto microscopia eletrônica *Lithothamnium* sp. (Acid Buf®. Celtic Sea Minerals, Carrigaline, Irlanda) 12
- Figura 2: Consumo de matéria seca e produção de leite posterior (Dias 1, 2 e 3) e anterior (Dia 0. Média de cinco dias pré-desafio com amido) a aumento no teor dietético de amido nos tratamentos controle (C), farinha de algas (A), farinha de algas e bicarbonato de sódio (AB), ou bicarbonato de sódio (B) 47
- Figura 3: Teores de gordura e proteína no leite posterior (Dias 1, 2 e 3) e anterior (Dia 0. Média de cinco dias pré-desafio com amido) a aumento no teor dietético de amido nos tratamentos controle (C), farinha de algas (A), farinha de algas e bicarbonato de sódio (AB), ou bicarbonato de sódio (B) 48
- Figura 4: Teor de nitrogênio ureico no leite posterior (Dias 1, 2 e 3) e anterior (Dia 0. Média de cinco dias pré-desafio com amido) a aumento no teor dietético de amido nos tratamentos controle (C), farinha de algas (A), farinha de algas e bicarbonato de sódio (AB), ou bicarbonato de sódio (B) 49

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	REVISÃO DA LITERATURA	11
2.1	Origem e composição da farinha de algas calcária.....	11
2.2	Farinha de algas na alimentação animal.....	15
2.3	Suplementação de ruminantes com carbonato de cálcio.....	18
2.4	Equilíbrio ácido-básico.....	19
2.5	Gasometria.....	23
2.6	Diferença de cargas na dieta animal	25
3	MATERIAIS E MÉTODOS	37
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
5	CONCLUSÕES	56
6	REFERÊNCIAS	57

1 INTRODUÇÃO

Alga marinha calcária é um termo genérico que designa várias espécies de algas vermelhas calcificadas, nas quais ocorre um pigmento rosa fotossinteticamente ativo na forma viva do organismo (LEE, 1999). Estas algas crescem lentamente e podem formar extensos depósitos submarinos, normalmente em locais pouco profundos e claros. Após a morte da planta, desenvolve-se um esqueleto rico em carbonato de cálcio e de outros minerais (NASCIMENTO; FREIRE; MIOLA, 2010).

O Brasil detém uma das maiores reservas desta fonte mineral renovável (DIAS, 2000). Na Europa, é tradicional seu uso na agropecuária, como corretivo de solo ou fertilizante, e como fonte de cálcio ou como alcalinizante do fluido ruminal na ração animal.

A substituição na dieta para bovinos do tamponante bicarbonato de sódio, produzido quimicamente, por alcalinizantes oriundos de fontes naturais renováveis, como a farinha de algas, é coerente com a tendência naturalista do mercado consumidor de produtos de origem animal. Entretanto, trabalhos que validem esse tipo de alcalinizante são escassos e o que se encontra disponível não foi publicada sob crivo editorial (CRUYWAGEN et al., 2004; MONTAÑEZ-VALDEZ et al., 2007). Devido à estrutura física semelhante à de um “favo de mel” e à quebra lenta em ambiente ácido, sugere-se que a farinha de algas teria um maior período de ação ruminal que o bicarbonato de sódio.

Este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o desempenho de vacas leiteiras e o balanço ácido-básico venoso em resposta à suplementação com esqueleto finamente moído de algas *Lithothamnium calcareum*.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Origem e composição da farinha de algas calcária

A farinha de algas é fonte de carbonato de cálcio extraído de reservas marinhas submersas de esqueleto da alga *Lithothamnium calcareum*. O nome *Lithothamnium* se origina do grego *litho*, que significa pedra e *thamnion*, árvore pequena. O *Lithothamnium* é uma alga vermelha não articulada, do filo das Rhodophytas, pertencente à ordem Corallinales e à família Corallinaceae (GRAHAM; WILCOX, 2000). Uma característica dessa família é a deposição de carbonato de cálcio na parede celular.

A família Corallinaceae tem duas divisões: a forma articulada que compõe a subfamília Corallinoideae e a forma crustosa e nodular, ou Melobesioideae. A subfamília Melobesioideae apresenta tipo simples de talo rosa ou vermelho e é amplamente distribuída, vivendo sobre outras algas, como epífitas, ou ainda como rupícola, sobre rochedos. Lee (1999) relata que ocorre a formação de crostas densas e, eventualmente, fragmentos podem desprender e crescer envolvendo pedras, fragmentos de rochas ou qualquer objeto solto. Essa forma livre que cresce não aderida a um substrato é chamada de rodolito.

A zona subtropical até a profundidade de 25 a 30 m é a área mais favorável para o crescimento de algas crustosas. Apesar de poderem estar presentes em até 125 m de profundidade, em águas limpas, estas algas apresentam crescimento ótimo em profundidade menor.

As algas crustosas estão entre as de vida mais longa, podendo viver de 10 a 50 anos, crescendo de 0,3 a 3 mm por ano (LEE, 1999). As algas podem crescer junto a colônias de corais e sobre animais com exoesqueleto de carbonato de cálcio, compostos de areia e detritos sedimentados, formando

recifes. O ácido carbônico, resultante da respiração dos habitantes dos recifes, dissolve as estruturas calcárias sólidas e originam os granulados bioclásticos (fragmento vivo).

Graham e Wilcox (2000) descreveram o mecanismo de calcificação das algas coralinas vermelhas como processo de fixação fotossintética de CO_2 . No transporte de Ca^+ através da membrana, o H^+ é exportado e participa da conversão extracelular do bicarbonato (HCO_3^-) em CO_2 , o qual será retomado pelas células e utilizado no processo de fotossíntese. A calcificação pode ser vista como uma adaptação que permite à alga viver em águas alcalinas e obter carbono inorgânico suficiente para a fotossíntese. No *Lithothamnium*, a deposição de cálcio em forma de cristal hexagonal romboédrico de calcita entre as paredes celulares resulta na forma microscópica de "favo de mel" (Figura 1).

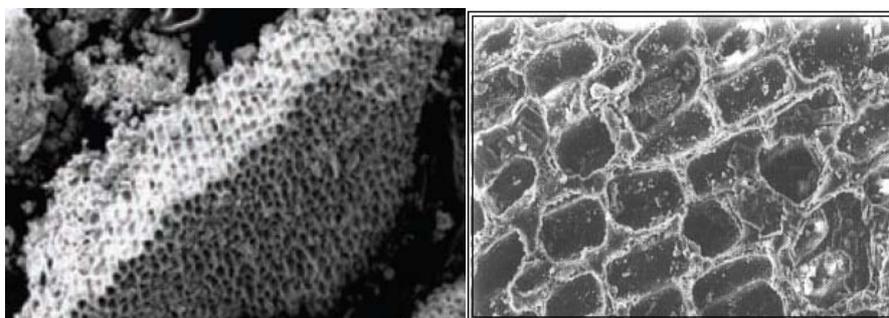


Figura 1: Foto de microscopia eletrônica de *Lithothamnium* sp. (Celtic Sea Minerals)

O estudo de algas calcárias em laboratório mostrou a influência de CO_2 e do pH no crescimento desses organismos (AMÂNCIO, 2007). O aumento na concentração de CO_2 levou ao aumento da taxa de crescimento. Contudo, quando a elevação do gás levou à acidificação do meio, ocorreu limitação do crescimento. O gás carbônico liberado na atmosfera não apenas se dissolve na água do mar, mas também reage formando outras moléculas, causando

alterações diretas e indiretas, como a acidificação da água do mar. Estima-se que, desde o início da era industrial até o fim do século XXI, o pH dos oceanos sofrerá uma queda de 0,3 unidade. Esse processo ocorre, inicialmente, em regiões mais frias, estendendo-se a áreas tropicais (BERCHEZ et al., 2008), podendo modificar ecossistemas marinhos.

As formas livres de alga (rodolitos) e seus fragmentos, ao sofrerem ação de correntes marítimas, constituem depósitos sedimentares inconsolidados distribuídos ao longo da costa. Esses depósitos têm sido explorados economicamente por meio de dragagem nas costas francesa, inglesa e irlandesa. A França é o maior extrator de granulados para uso industrial. Apesar dos 33 bilhões de m³ sobre a plataforma continental, as reservas exploráveis foram limitadas a 600 milhões de m³, devido a fatores como profundidade, sobreposição de áreas de pesca ou de reserva ecológica (DIAS, 2000).

De acordo com Dias (2000), durante muito tempo, a exploração de granulados marinhos compostos de algas calcárias se fez de forma artesanal. Entretanto, em 1985, na França, a exploração industrial foi intensificada, resultando em completo desaparecimento da parte viva das algas. A recuperação hipotética destes organismos só poderá ser feita lentamente a partir dos resíduos vivos restantes. O lento crescimento das algas calcárias não permite que seja feito o seu cultivo industrial, nem mesmo para se fazer o repovoamento em longo prazo. Este fato ressalta a importância da preservação de bancos intactos dessas algas. Coimbra (2012) ressalta que a mineração no mar gera danos ambientais sem que haja, ainda, tecnologia para a sua reparação em curto prazo. O material que é recolhido por sucção pode conter outras espécies vivas, afetando o ecossistema marítimo.

Estimativas dos depósitos formados por algas na plataforma continental brasileira chegam a 2×10^{11} toneladas de sedimentos, dos quais mais de 75% correspondem a CaCO₃ (MILLIMAN; AMARAL, 1974). Segundo Berchez et al.

(2008), o ecossistema que compõe o fundo de algas calcárias, embora seja pouco conhecido no Brasil, ocupa vasta área da parte mais rasa da plataforma continental. O trecho compreende desde o limite inferior das marés baixas até cerca de 100 m de profundidade, indo do litoral do Rio de Janeiro até o Maranhão.

Tabela 1: Nutrientes em dois produtos comerciais de farinha de algas calcárias (*Lithothamnium* sp.). Composição relatada pelos fabricantes.

	Superal ¹	Acid Buf ²
		%MN
Matéria seca	97	95
Cinzas	99	95
Cálcio	32	30
Magnésio	2	5,5
Potássio	0,02	0,7
		mg/kg MN
Fósforo	110	500
Boro	20	10
Ferro	710	800
Cobalto	0,8	0,1
Zinco	11	10
Manganês	46	50
Molibdênio	5	0,2
Selênio	1	1,8
Iodo	12	30

¹ Superal. Algarea Mineração Ltda., Rio de Janeiro, RJ. ²Acid Buf[®]. Celtic Sea Minerals, Carrigaline, Irlanda

A composição e as concentrações dos elementos podem variar de acordo com o local e a profundidade de extração (MELO; MOURA, 2009). Em um estudo realizado pela equipe do laboratório de geologia marinha da Universidade Federal do Ceará (NASCIMENTO; FREIRE; MIOLA, 2010), foram coletados

granulados marinhos, ao longo da costa brasileira, na profundidade de 20 a 80 m. A granulometria do material variou de acordo com a proximidade da costa, aumentando com a distância. O teor de carbonatos do material coletado variou entre 77% a 96%. A composição em minerais da farinha de algas comercializada pode ter leve variação (Tabela 1).

Soares (2009) processou a farinha de algas do tipo *Lithothamnium* para a extração de compostos ativos. Os principais constituintes são polissacarídeos sulfatados que, em meio alcalino quente, resultaram em maior rendimento.

2.2 Farinha de algas na alimentação animal

Buscando melhora na digestibilidade do feno de *Brachiaria decumbens*, Orsine et al. (1989) administraram carbonato de cálcio na quantidade para prover 1.000 ppm de cálcio e duas doses de farinha de algas, visando fornecer 1.000 e 2.000 ppm de cálcio a 12 carneiros, durante 30 dias. A farinha de algas foi fornecida dissolvida em água destilada e administrada aos animais antes do fornecimento do feno; assim foi feito também o fornecimento do carbonato de cálcio. O feno, ingrediente único da dieta, foi picado em um desintegrador e fornecido duas vezes ao dia. Apesar de a administração de farinha de algas ter aumentado a digestibilidade da proteína em 5,8% na inclusão de 1.000 ppm e 10,3% na inclusão de 2.000 ppm, quando comparado ao tratamento com carbonato de cálcio, essa diferença não foi estatisticamente significativa ($P>0,05$).

Na avicultura, a farinha de algas também foi testada como fonte de cálcio. Carlos et al. (2011) substituíram o calcário calcítico por farinha de algas. A alga foi coletada de duas formas diferentes, em pó coletada mecanicamente (sucção) ou inteira por coleta manual. O teor de cálcio no material coletado manualmente foi de 21,4% da matéria seca, enquanto a coletada mecanicamente

foi de 27,97%. Os tratamentos isonutricionais foram, em porcentagem da ração, 0,906 de calcário calcítico, 1,626 da alga coletada inteira ou 1,245 da farinha de algas coletada em pó. A diferença na composição foi suprida com a inclusão de areia. Trezentos pintos foram estudados em duas fases de vida, de 1 a 21 dias e de 22 a 42 dias ou alimentados ao longo de 42 dias de vida. A inclusão de farinha de algas apresentou efeito positivo no intervalo de 1 a 21 dias, com piora na conversão alimentar de 1,38, no tratamento com calcário para 1,51 e 1,57, para alga inteira ou em pó, respectivamente. A diferença entre os tratamentos não foi evidenciada nos demais períodos estudados, indicando que a farinha de algas pode ser utilizada como substituto do calcário calcítico, como fonte de cálcio para aves de corte, sem prejuízo no desempenho.

Montañez-Valdez et al. (2007) avaliaram, em cinco garrotes fistulados no rúmen, a substituição de bicarbonato de sódio por farinha da alga *Lithothamnium calcareum* (Acid Buf[®], Celtic Sea Minerals, Irlanda). Os animais foram alimentados com dieta contendo 70% de concentrados e os tratamentos foram: 0,35%, 0,50% ou 0,65% MS de farinha de algas ou 1% da MS da dieta de bicarbonato, comparados ao tratamento controle. O delineamento foi em quadrado latino 5 x 5, com períodos de 14 dias. Não houve efeito de tratamento sobre a degradabilidade *in situ* da matéria seca (MS), da fibra em detergente neutro (FDN) de forragem ou sobre o teor ruminal de bactérias celulolíticas. A inclusão de 0,35% da MS da dieta de farinha de algas induziu aumento do pH relativamente aos teores 0,50% e 0,65%. A concentração de protozoários no fluido ruminal foi maior no teor 0,35% que no controle e no bicarbonato. Com base nestes dados, os autores sugerem que a concentração dietética recomendada de farinha de algas seria de 0,35% da MS.

Cruywagen et al. (2004) avaliaram a suplementação de vacas leiteiras do parto a 70 dias de lactação com teores crescentes de farinha de algas. O aumento da inclusão dietética da farinha induziu queda linear na produção de leite e na

eficiência alimentar. As produções de leite nas dietas contendo 0,3%, 0,6% e 0,9% da MS de farinha de algas foram, respectivamente, 44,6; 41,4 e 39,3 kg/d. A eficiência alimentar (leite/consumo de MS) foi de 1,83; 1,75 e 1,67 L/kg, respectivamente. Teores dietéticos de 0,125% e 1,2% da MS de farinha de algas também foram avaliados por estes autores, entretanto, os animais nestes tratamentos foram alimentados em grupo. Segundo os autores, os animais que receberam o tratamento 0,3% produziram mais leite que aqueles alimentados com 0,125%, mas o valor da produção diária não é relatado no resumo disponível, o único relato publicado desta pesquisa. Com base nestes dados, os autores sugerem que o teor ótimo de farinha de algas na dieta seria de 0,3% da MS, ou cerca de 80 g/vaca/dia.

Com objetivo de avaliar diferentes fontes de aditivos para vacas de leite em pastagem de capim Tanzânia, Nussio et al. (2004) administraram os seguintes tratamentos: Monensina (0,0045% MS) ou Monensina (0,0024%) e bicarbonato de sódio (0,9% MS) ou farinha de algas (2,8% MS). Trinta e duas vacas com 116 dias em lactação foram mantidas em sistema intensivo de pastejo com suplementação de concentrado de acordo com a produção, 1 kg de concentrado para cada 2,8 kg de leite produzido. A sobra de concentrado foi mensurada para determinar o consumo. Os animais suplementados com farinha de algas consumiram mais concentrado, 9,0 vs 8,24 kg, quando apenas a monensina foi suplementada e 6,66 kg para a inclusão de bicarbonato à monensina ($P < 0,001$). Houve tendência ($P = 0,08$) na redução de 0,5 kg do peso corporal dos animais alimentados com farinha de algas, enquanto os animais alimentados com os outros tratamentos ganharam 18,85 e 28,14 kg para o tratamento monensina e monensina com bicarbonato, respectivamente.

Farran, Erickson e Klopfenstein (2003) testaram a inclusão de 0,75% MS de farinha de algas (baixa inclusão), 1,25% MS de farinha de algas (alta inclusão), 1,25% de bicarbonato, 28 g/t de monensina, ou a soma de farinha de

algas (0,75 %MS) + monensina (28 g/t). Os tratamentos foram comparados com ao controle onde apenas a dieta basal foi fornecida. Seis novilhas fistuladas no rúmen foram alimentadas com dieta composta por, em % da MS da dieta, 65,2 de milho grão úmido, 16,3 de milho seco triturado, 7,5 de feno de alfafa, 5,0 de melaço de cana, 1,15 de ureia e mistura mineral. Os períodos foram de 21 dias, sendo 5 para a coleta de dados, quando os animais foram alimentados individualmente. Os cochos munidos de balança acoplada ao computador permitiram acompanhar a ingestão durante 24 horas. Um eletrodo foi colocado no rúmen para acompanhar variação do pH, com leitura a cada 6 segundos. Uma amostra de líquido ruminal foi coletada a cada três horas, durante 24 horas. A maior ingestão de matéria seca foi encontrada no tratamento controle (23,5 lb/kg) e a alta inclusão de 1,25% MS farinha de algas induziu menor consumo (20,0 lb/kg). O número de refeições, o tempo de alimentação e o consumo de água não foram influenciados pelos tratamentos. A maior resposta tamponante do fluido ruminal foi para a inclusão de bicarbonato, que apresentou maior pH médio diário, de 6,25. Apesar de não ter sido estatisticamente diferente, o efeito do bicarbonato causou redução de 8 vezes o tempo de pH abaixo de 5,3; comparado com o controle e a farinha de algas reduziu 2 vezes. Exceto o consumo de matéria seca, os valores mensurados para as demais variáveis para os tratamentos com farinha de algas foram intermediários entre o controle e o tratamento bicarbonato. Os animais do tratamento de maior inclusão de farinha de algas ingeriram 113,4 g de farinha de algas por dia e o tratamento de menor inclusão, 72,1 g. Entre as duas proporções de inclusão de farinha de algas, as respostas das variáveis mensuradas não diferiram.

2.3 Suplementação de ruminantes com carbonato de cálcio

Clark et al. (1989) conduziram um experimento com vacas leiteiras, no qual contrastaram o controle com a suplementação de duas fontes de carbonato de cálcio, 1,4% carbonato de cálcio 1 (Calcium Carbonate Company, Quincy, IL), 1,4% ou 2,1% carbonato de cálcio 2 (Whittaker, Clark and Daniels, Inc., South Plainfield, NJ). Os animais foram alimentados com dieta contendo 60% de concentrado e 40% de silagem de milho. A maior granulometria foi relacionada a maior capacidade de neutralização. O produto 1 de tamanho de 2,5 μ sua capacidade de neutralização de ácido foi 19,74 mEq ácido/g, enquanto, para o produto 2, com 1 μ e 19,45 mEq ácido/g, respectivamente. A digestibilidade do amido foi maior para os animais suplementados com carbonato de cálcio (95,4 vs 96,5 $P < 0,01$). A suplementação com carbonato de cálcio causou redução na ingestão de matéria seca, em média de 1,76 kg em relação ao tratamento controle ($P < 0,05$). Resposta similar foi encontrada para a produção de leite, como maior produção no tratamento controle 32,8 kg e 31,2 kg, em média, para tratamentos suplementados ($P < 0,05$). O tratamento não influenciou as características de digestibilidade (MS, FDN e MO) e do líquido ruminal avaliado (pH, osmolaridade, volume ou taxa de diluição). A suplementação de carbonato de cálcio neste experimento apresentou resposta negativa. O autor justifica que o carbonato de cálcio provavelmente não atua no rúmen pois tem baixa solubilidade em pH acima de 5,5.

2.4 Equilíbrio ácido-básico

O uso de aditivo tamponante é uma prática consolidada na nutrição de ruminantes. Trabalhos são realizados para determinar o efeito tamponante das substâncias, a quantidade ideal do aditivo a ser fornecida na deita e a ação conjunta de diferentes aditivos. O termo tampão tem sido empregado tanto para tampões verdadeiros como para substâncias alcalinizantes, contudo, há

diferenças entre elas. Substâncias tamponantes ajudam a promover a resistência à variação do pH. Um tampão é uma substância que reage com íons H^+ livres em solução, mantendo o pH do meio próximo ao pKa do sistema tampão, ou seja, pH em que espécies protonadas e desprotonadas estão presentes em iguais concentrações (MURRAY et al., 2002). Substância tampão atua como reserva de hidrogênio. Quando há excesso de hidrogênio na solução, isto é, pH baixo, o tampão capta o H^+ . No caso de alcalinização, a substância tampão libera hidrogênio na solução. Dessa forma, o pH não varia na mesma proporção em que o hidrogênio é adicionada à solução. Já a substância alcalinizante sempre capta hidrogênio, aumentando o pH da solução.

O pH é a mensuração da atividade de hidrogênio em uma determinada solução. O coeficiente de atividade do hidrogênio no sangue é desconhecido, mas, como a concentração é muito pequena, é considerada uma solução infinitamente diluída, com coeficiente de atividade próximo de 1. O pH é expresso em escala logarítmica ($pH = -\log [H^+]$), ou seja, para concentração de H^+ de 10^{-7} , o pH é 7. Dessa forma, a variação do pH em relação à concentração do íon hidrogênio não é linear. Para uma variação de 0,1 no pH, de 7,0 para 7,1, a concentração de hidrogênio diminui de 100 para 74 nM/L (GUYTON; HALL, 1997).

O organismo é sensível à variação do pH sanguíneo, que é determinado pela relação entre o ácido carbônico (H_2CO_3) e sua base conjugada, o bicarbonato (HCO_3^-). Segundo a fórmula a seguir, para manter a neutralidade, a concentração de HCO_3^- deve ser de 24 mEq/L, para 1,2 mmol/L de H_2CO_3 , mantendo a relação bicarbonato ácido carbônico em 20:1. O pK do sistema tampão é de 6,1 e o log de 20 é 1,3. Assim, de acordo com a fórmula, $pH = 6,1 + 1,3 = 7,4$

$$pH = pK + \log [HCO_3^-] / [CO_2]$$



As características sanguíneas em termos de pH podem ser alteradas por dois sistemas, o renal e o respiratório. Por meio do ajuste da frequência respiratória a pressão parcial sanguínea do dióxido de carbono (pCO_2) varia na intenção de manter o pH invariável. Quimiorreceptores localizados no arco aórtico, no seio carotídeo e no centro respiratório bulbar detectam a variação da pressão dos gases e enviam a mensagem ao sistema nervoso central, que responderá com aumento ou redução da frequência e amplitude dos movimentos respiratórios (GUYTON; HALL, 1997).

O animal em repouso tem pCO_2 constante, ou seja, a quantidade de gás produzido pelo metabolismo celular é a mesma excretada pela expiração. Quando o metabolismo é acelerado, como no caso de exercício físico, a produção metabólica de CO_2 pode aumentar em até 10 vezes e, mesmo assim, a pressão alveolar deste gás não é alterada por causa do aumento proporcional da respiração. A pressão de CO_2 alveolar só será alterada caso a velocidade de respiração seja diferente da taxa de produção celular. A troca de gases no alvéolo pulmonar acontece por gradiente de difusão, pois a concentração de oxigênio no ar alveolar é cerca de duas vezes maior que a concentração no plasma venoso. Na hipoventilação, menor volume de ar novo entra nos alvéolos por unidade de tempo, acarretando em aumento da pCO_2 e, por conseguinte, em redução do pH. Geralmente, a taxa de excreção respiratória de CO_2 é semelhante à taxa de produção do metabolismo celular, mas, quando em desequilíbrio, há alcalose ou acidose respiratória primária, e haverá resposta renal. O rim é responsável pelos componentes não voláteis do sistema, reabsorvendo HCO_3^- e excretando H^+ . Em caso de acidose, mais H^+ será excretado e mais bicarbonato

reabsorvido. A primeira resposta será sempre respiratória, por ser mais rápida, mas a restauração definitiva do equilíbrio é de responsabilidade dos rins.

O oxigênio no sangue pode ser transportado dissolvido em solução física e na forma de composto químico ligado à hemoglobina dos eritrócitos. A preferência por uma forma ou por outra é determinada pela pressão do oxigênio no sangue. Quando esta for elevada, a preferência será pela hemoglobina, pois ela pode se ligar a quatro moléculas de oxigênio (RADOSTITS; BLOOD; GAY, 1995). A porcentagem de hemoglobina que combina com o oxigênio é expressa em saturação de hemoglobina. Nos tecidos, o pH é mais alto e a concentração de oxigênio baixa favorece a liberação de oxigênio pela oxi-hemoglobina. Em seguida, a hemoglobina capta um íon hidrogênio para manter a sua conformação. A molécula da hemoglobina tem carga efetiva negativa e, quando ligada ao oxigênio, é considerada um ácido forte; quando ligada ao hidrogênio, a carga efetiva negativa é reduzida, tornando-se um ácido fraco. Esse processo pode ser acompanhado no sangue por meio do valor de saturação de oxigênio (Sat O₂), que é um valor calculado e compõe o relatório da análise gasométrica (DAVENPORT, 1973).

Stewart (1983) propôs um modelo em que três princípios físicos são aplicados no equilíbrio ácido básico. São elas: eletronegatividade, conservação das massas e lei da ação das massas. A lei da eletronegatividade determina que, em solução aquosa, a soma dos íons de carga positiva deve ser igual à soma dos íons de carga negativa. A lei da conservação das massas ressalta que a quantidade de uma substância permanece constante, exceto se adicionada, removida, gerada ou destruída. A lei de ação das massas relaciona a velocidade de equilíbrio de uma reação química à concentração dos reagentes. A mesma coisa acontece para o sangue: a soma de cargas é sempre nula. Caso uma substância de carga positiva seja absorvida, outra substância com a mesma carga é retirada do sistema, geralmente pelo sistema urinário. No sangue, as

concentrações das substâncias se mantêm, a não ser que ocorra absorção ou excreção. Caso contrário, os reagentes, mesmo que transformados na reação, terão sempre a mesma massa dos produtos. A ação das massas indica que haverá cinética da reação de equilíbrio quando uma substância for acrescida ao sangue. A velocidade de equilíbrio será proporcional à quantidade de substância adicionada.

De acordo com a premissa de Stewart (1983), há três variáveis que influenciam o pH sanguíneo, que são: diferença de íons dissociáveis (Na^+ , K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} e Cl^-), concentração de ácido fraco (albumina e lactato) e pressão parcial do gás carbônico. Se nenhuma dessas três variáveis for alterada, a concentração de H^+ e de HCO_3^- não será alterada. Quando a resultante da equação de equilíbrio ($\text{Na}^+ + \text{K}^+ + \text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}$) – ($\text{Cl}^- + \text{lactato}^- + \text{proteínas plasmáticas}$) for zero, o pH do plasma será 7,4, com pCO_2 de 40 mmHg. Em caso de alteração deste equilíbrio, o excesso de base (BE) varia, determinando a quantidade de ácido ou de base necessária para retomar o equilíbrio.

2.5 Gasometria

A pressão total (barométrica) é a soma das pressões parciais dos gases, no caso do ar ambiente, constituído pelos gases oxigênio, dióxido de carbono e nitrogênio, na proporção de 20,93%, 0,03% e 79,04%, respectivamente. A pressão parcial de cada gás pode ser determinada por meio de características físicas próprias de cada elemento, utilizando-se um aparelho chamado gasômetro. O dióxido de carbono, por exemplo, absorve radiação infravermelha. Assim, a pressão parcial deste gás em uma amostra pode ser determinada pela quantificação da transmitância do feixe de luz. Para isso o aparelho deverá ser calibrado de acordo com amostras de pressão conhecida. De maneira semelhante, a pressão parcial do oxigênio do sangue pode ser determinada por

meio de sua propriedade paramagnética, segundo a qual o oxigênio é atraído por um campo elétrico, podendo ser quantificado (DAVENPORT, 1973).

Ao serem estimulados pela baixa pO_2 , quimiorreceptores imediatamente aumentam a ventilação alveolar em até 65%; permanecendo a exposição à hipóxia, a ventilação pode aumentar em até cinco vezes, ou seja, 400%. Na resposta imediata, é exalada uma maior quantidade de dióxido de carbono, através da hiperventilação, o que leva à redução da pCO_2 e à elevação o pH dos líquidos corporais. Essas duas alterações inibem o centro respiratório e, dessa maneira, opõem-se ao efeito da baixa de pO_2 de estimular os quimiorreceptores respiratórios periféricos no corpo carotídeo e aórtico (GUYTON; HALL, 1997).

Metabolismo semelhante tem o alpinista submetido a um estado de hipóxia, quando em altitude. Atletas em baixa pressão atmosférica sofrem alterações no organismo, como aumento da ventilação pulmonar, do número de hemácias, da capacidade de difusão dos pulmões, da vascularização dos tecidos e/ou da capacidade de uso do oxigênio pelas células (GUYTON; HALL, 1997). O estado de hipóxia é coordenado por genes chamados fator regulador de hipóxia (HIF-1), regulador chave da constância do oxigênio. Em condição normal de oxigenação, HIF-1 α é constantemente sintetizado e degradado via sistema protossomal; em hipóxia; esse processo é inibido. Nesse caso, o HIF-1 α é encaminhado ao núcleo e complexado à subunidade HIF-1 β , formando o HIF-1 que induz a expressão gênica (SEMENZA, 2002). Genes HIF-1 codificam proteínas envolvidas na angiogênese, na proliferação e na sobrevivência celular, no tônus vascular e no metabolismo de glicose e energia. De acordo com o tecido, haverá estímulo de cininas responsáveis pela inflamação.

Um estudo foi realizado por Quintero et al. (2010), com rato em hipóxia induzida, com o objetivo de conhecer o processo de adaptação à hipóxia, pelos animais. O tempo de hipóxia, quatro dias, foi intercalado com três dias de ar normal, 8 horas por dia. Dessa forma, cada exposição de hipóxia desencadeou a

supressão do apetite e levou à redução de peso corporal por três a cinco dias. O ganho de peso dos ratos na oitava semana, quando para o tratamento em hipóxia, foi menor ($P < 0,001$) 217,5 vs 128,2 g. Depois de oito semanas, o metabolismo animal se adaptou, não apresentando mais perda de massa.

2.6 Diferença de cargas na dieta animal

De acordo com Bossard et al. (2010), a suplementação de cargas da dieta de bovinos leiteiros tem efeito moderado sobre o ambiente ruminal e o pH sanguíneo. O pH sanguíneo, mesmo sendo uma variável muito controlada, aumenta com o aporte de cargas da dieta, sem ultrapassar os valores fisiológicos (BOSSARD et al., 2010; TUCKER; HARRISON; HEMKEN, 1988).

Hu e Murphy (2004) realizaram uma meta-análise com 12 estudos com um total de 230 animais, relacionando a variação da diferença cátion-aniônica da dieta com consumo de matéria seca, produção de leite, leite corrigido para gordura e composição de sangue e urina. A diferença cátion-aniônica da dieta (DCAD) influenciou o consumo de matéria seca (CMS) e a produção de leite. O maior CMS ou produção está relacionado com dietas com DCAD em torno de 40 mEq/kg. Valores maiores ou menores levam a redução da produção e consumo. A ação da composição da dieta no equilíbrio ácido-básico sanguíneo foi comprovada pela alteração no pH, HCO_3^- e pCO_2 do sangue. Sem exceder os valores fisiológicos, o pH sanguíneo aumentou com o DCAD até o pico de dieta com 47 mEq/kg ($P < 0,001$). A partir deste valor, o aumento do aporte de cargas positivas da dieta não aumenta mais o pH sanguíneo. A pCO_2 aumenta linearmente com o DCAD ($P = 0,004$) indicando uma compensação respiratória a variação de cargas da dieta.

Alterações na dieta são relacionadas ao balanço mineral do sangue. A concentração sanguínea do íon Na e K não é alterada pela concentração dietética

deste elemento, provavelmente pelo controle renal desses elementos, pois a concentração desses minerais na urina. O DCAD da dieta também não afeta o sódio, mas o potássio diminui com aumento da diferença cátion-aniônica da dieta. Não há explicação para esta alteração. Já o cloro no sangue aumentou linearmente com o conteúdo deste na dieta e reduz de forma quadrática com o aumento do DCAD. A concentração sanguínea de cloro foi a que mais variou com a variação de Cl da dieta e do DCAD. Os autores sugerem que este elemento possa ser o responsável pelo equilíbrio ácido-básico da dieta. A concentração sanguínea de cálcio, não foi alterada pela concentração de cálcio na dieta ou pela variação do DCAD. Como particularidade do metabolismo do cálcio pré-parto, dieta com sais aniônicos ou seja, baixo DCAD, aumentam a concentração plasmática de cálcio ao parto (HU e MURPHY, 2004).

O balanço de cargas final da dieta pode ser alterado com a inclusão de diferentes substâncias, o que interfere na resposta metabólica. A suplementação de potássio por meio da inclusão de 1,0% da MS de KHCO_3 atuou como tamponante sanguíneo, aumentando o pH do sangue (7,44 vs 7,47) e reduzindo a pCO_2 (37,0 vs 32,5). No mesmo trabalho, a suplementação de sódio por meio da inclusão de 0,85% de NaHCO_3 não alterou as características sanguíneas. O uso do NaHCO_3 aumentou a ingestão de matéria seca (18,1 vs 19,4 kg), enquanto o tratamento com KHCO_3 reduziu de 19,4 para 18,1 kg. A produção de leite foi resposta à variação do consumo (SCHNEIDER et al., 1984).

No estudo de West, Mullinix e Sandifer (1991) as concentrações dos minerais K, Cl, Ca e Mg no sangue foram independentes da inclusão de cada elemento na dieta, mas variaram de acordo com o balanço de cargas da dieta. O sódio e o fósforo não foram influenciados pela dieta com balanço de cargas diferente. Dois minerais apresentaram variação na concentração sanguínea relacionada ao estresse térmico, cálcio e potássio. A concentração do potássio sanguíneo aumentou quando o animal estava em ambiente quente, variando de

4,51 para 4,62 mEq/L, enquanto a concentração de cálcio, com o calor, reduziu de 11,10 para 9,18 mg/dL, indicando alteração no metabolismo desses minerais no metabolismo em estresse térmico. Os autores justificam essa alteração à queda do consumo de matéria seca no calor. Assim como Hu e Murphy (2004) West, Mullinix e Sandifer (1991) também atentaram para a ação do cloro no equilíbrio ácido básico do sangue. Na dieta com menor DCAD onde havia mais Cl, o pH do sangue reduziu. Concomitante a isso a concentração plasmática de bicarbonato voltou ao normal quando a quantidade de cloro da dieta reduziu.

Em estudo realizado em fazendas comerciais na Itália, envolvendo 216 vacas em lactação, variáveis do sangue foram relacionadas (pH, pO₂, pCO₂ e HCO₃⁻) ao pH do líquido ruminal (GIANESELLA et al., 2010; MORGANTE et al., 2009). Este trabalho demonstrou que as vacas leiteiras em produção apresentam diferenças nos parâmetros fisiológicos, de acordo com o manejo nutricional.

No trabalho de Morgante et al. (2009), uma amostra de líquido ruminal foi coletada de cada animal por meio de ruminocentese, além de coleta de sangue para análise gasométrica. Os valores de pH ruminal médio das fazendas amostradas variaram de 5,59 a 6,3. As fazendas foram divididas em dois grupos, de acordo com o pH ruminal médio, maior ou menor que 5,8. Para o grupo de pH ruminal < 5,8, o valor de pH sanguíneo foi menor (7,41 vs 7,42; $P < 0,01$). Para este mesmo grupo, a pressão de gás carbônico foi maior (50,11 vs 44,33 mmHg; $P < 0,001$), relacionada a uma menor pO₂ (36,60 vs 39,76 mmHg; $P = 0,03$). A concentração de bicarbonato no sangue não acompanhou as outras variáveis, pois ela foi maior (32,39 vs 29,81 mmol/L). O balanço de cargas positivas indica a ausência de acidose metabólica condizente com a concentração de bicarbonato, com valores maiores no sangue (7,66 vs 5,65; $P < 0,01$) para o grupo de pH ruminal e sanguíneo menores.

Resultados similares foram encontrados por Giancesella et al. (2010), exceto que, neste caso, não houve diferença significativa no balanço de bases. O segundo trabalho foi realizado com o objetivo de definir parâmetros para adoção do exame de gasometria sanguínea como rotina de fazenda no diagnóstico de acidose subclínica em rebanhos leiteiro. Contudo, os valores de leitura das variáveis foram diferentes entre os experimentos. Apesar de resultados similares, a diferença entre valores não permitiu definir valores ótimos para a leitura gasométrica do sangue.

Hajikolaie et al. (2006) avaliaram cinco ovelhas com fístula ruminal, submetidas a manejo de indução de acidose. Variáveis do sangue (pH, concentração de bicarbonato e $p\text{CO}_2$), pH ruminal, taxa de respiração, frequência cardíaca e temperatura retal foram mensuradas em intervalos de 3 horas, nas primeiras 24 horas e nos tempos de 30, 36 e 48 horas após a indução de acidose. Para indução de acidose, 18 g de açúcar por kg de peso corporal foram administrados através da cânula ruminal. O pH ruminal foi o primeiro a apresentar variação, o que ocorreu no primeiro ponto de coleta, 3 horas após a indução da acidose (6,91 vs 6,21). A acidificação continuou até o tempo de 36 horas, com valor de pH igual a 4,04. No tempo 9 houve aumento da frequência cardíaca, 75,6 vs 91,8 batimentos/min. A resposta sanguínea significativa estatisticamente foi detectada após 15 horas da indução de acidose, quando a concentração de bicarbonato reduziu de 20,8 para 16,6 mEq/L. Três horas após a variação do bicarbonato, o pH sanguíneo reduziu de 7,27 para 7,21. Para os parâmetros frequência respiratória e $p\text{CO}_2$ não houve alteração significativa, ao longo do período de coleta. Acompanhando o raciocínio de Aschenbach et al. (2011), a absorção de ácido graxo pela parede ruminal é realizada por meio troca de um íon bicarbonato. Assim, justifica-se a redução da concentração sanguínea de bicarbonato. O balanço de base essencial para o entendimento das respostas não foi mensurado. De acordo com o método tradicional de avaliação do

equilíbrio ácido básico, outras alterações sanguíneas deveriam ter ocorrido, como a redução da $p\text{CO}_2$, antes da alteração no pH sanguíneo. Mas, pelo método de Stewart (1983), alterações não identificadas pela gasometria podem ter ocorrido.

O uso de aditivos tamponantes é uma prática consolidada na nutrição de ruminantes. Estas substâncias ajudam a promover a resistência à variação do pH ruminal e sanguíneo. Embora a suplementação do bicarbonato na alimentação animal venha sendo estudada há anos, o mecanismo de ação ainda não é compreendido, o que gera mais pesquisa. Alguns trabalhos certificam o efeito tampão do bicarbonato de sódio (HU; MURPHY, 2005; LEAL; MARUTA; ORTOLANI, 2007), já outros autores (CARVALHO et al., 2009), ao testarem o mesmo produto, não encontraram efeito da substância. A maioria dos pesquisadores adota a inclusão do bicarbonato proporcional à ingestão da matéria seca, 0,7% (SOLORZANO et al., 1989b), 1% (EMERY; BROWN, 1961; SOLORZANO et al., 1989a), 1,5% (KOVACIK; LOERCH; DEHORITY, 1986; WEST et al., 1987), 3% (KOVACIK; LOERCH; DEHORITY, 1986) e 4% (KOVACIK; LOERCH; DEHORITY, 1986). E outros, como Marden et al. (2008), preferem usar quantidade fixa por animal. Na busca de um valor ótimo de inclusão, diferentes proporções são testadas no mesmo estudo (KOVACIK; LOERCH; DEHORITY, 1986).

A ação tamponante do bicarbonato de sódio no rúmen leva ao aumento do pH (EMERY; BROWN, 1961; KOVACIK; LOERCH; DEHORITY, 1986; MARDEN et al., 2008). No rúmen, o NaHCO_3 é dissociado em Na^+ e HCO_3^- . O íon carbonato neutraliza um íon hidrogênio, formando ácido carbônico. Além disso, resultados favoráveis são observados no aumento da ingestão de matéria seca (SCHNEIDER et al., 1984; SOLORZANO et al., 1989b; WEST et al., 1987), relacionados à melhora na digestibilidade aparente da matéria seca

(KOVACIK; LOERCH; DEHORITY, 1986; SOLORZANO et al., 1989b; WEST et al., 1987).

Animais pós-parto apresentam estágio fisiológico voltado para a acidose, pela mobilização de corpos cetônicos. Quando bicarbonato foi suplementado, a alcalose foi aumentada na segunda semana pós-parto, com detecção da alcalinização da urina, do sangue e das fezes, alterações estas não identificadas no tratamento controle. Maior concentração de amônia no rúmen na presença de bicarbonato indica prejuízo na digestibilidade, associado com maior excreção de amido nas fezes, mesmo sem alterações nas variáveis mensuradas no líquido ruminal (KILMER; MULLER; SNYDER, 1981). Os animais suplementados com bicarbonato apenas no pós-parto respondem com um aumento da ingestão de matéria seca, resposta não observada quando suplementados desde o pré-parto (KILMER; MULLER; WANGSNESS, 1980).

Uma sequência de três experimentos foi conduzida por Solorzano et al. (1989a), para compreenderem a ação dos tamponantes. No primeiro, testou-se a resposta no desempenho quando 1% MS de bicarbonato foi fornecido. O resultado foi positivo, com aumento na produção de leite em 2,7 litros, na produção e na proporção de gordura (2,94 vs 3,14%) e na produção de proteína de 1,02 para 1,08 kg/d ($P < 0,05$). Não foi detectada alteração no consumo de matéria seca. No segundo trabalho verificou-se a ação somada do tamponante e um alcalinizante. A resposta da inclusão de óxido de magnésio com o bicarbonato não foi complementar, pois não diferiu, na produção e na composição do leite, da resposta da inclusão separada de cada substância. No terceiro trabalho, buscou-se a ação sistêmica do tamponante. Com suplementação de vacas leiteiras de 1% da MS da dieta com óxido de magnésio ou bicarbonato, não foi possível diferenciar a ingestão de matéria seca, produção de leite ou qualquer variável sanguínea (pH, pCO_2 , HCO_3^- e BE). Apenas o pH

urinário sofreu alcalinização, reduziu a excreção de potássio e aumentou a excreção de sódio ($P < 0,05$).

Substâncias tamponantes constituintes da saliva são capazes de tamponar 40 % dos ácidos e mais outros 40 % saem do rúmen para o abomaso (ASCHENBACH et al., 2011). Outro mecanismo de retirada de ácidos do rúmen é a própria absorção pela parede do órgão. Acompanhando as respostas apresentadas na Tabela 2, o BE aumenta com o aumento do aporte de cargas positivas. De acordo com a relação de equilíbrio, quando uma carga positiva é adicionada ao sangue, a reação se desloca para a esquerda, formando ácido carbônico e, em seguida, aumentando o gás carbônico, justificando o aumento da $p\text{CO}_2$. O bicarbonato é controlado pelo sistema renal, que aumenta sua reabsorção. O pH sanguíneo aumenta pela redução do hidrogênio livre no sangue, mas, ainda assim, sem exceder os padrões fisiológicos. Em nenhum trabalho em que a pressão do oxigênio foi mensurada ela se alterou significativamente com a variação de cargas (Tabela 2).

Escobosa et al. (1984) realizaram um estudo testando o fornecimento de cargas positivas providas do bicarbonato de sódio. Os tratamentos foram controle, ou controle mais bicarbonato de sódio 1,70% da MS. O fornecimento de bicarbonato de sódio levou a aumento no CMS () o pode ter sido responsável por maior concentração de glicose do sangue. O maior pH da urina (7,96 vs 8,18) para o grupo tratado pode ser justificado pela maior excreção de bicarbonato. Neste trabalho o maior fornecimento de bicarbonato aumento a excreção e reduziu a concentração deste elemento no plasma. A concentração plasmática de bicarbonato foi menor comparado ao controle (24,64 vs 26,2 mEq/L). Essa constatação é coerente com a maior $p\text{CO}_2$ (34,6 vs 32,98 mmHg) não coerente com a maior frequência respiratória para o tratamento (84,8 vs 89,9 movimentos por minuto). Essas características indicam uma alcalose metabólica parcialmente compensada pela respiração.

A redução da reciclagem de bicarbonato para o rúmen via saliva, em animais submetidos ao estresse térmico, foi a justificativa usada pelo autor para seu trabalho com suplementação com bicarbonato. Kadzere et al. (2002) realizaram uma revisão a respeito do efeito do estresse térmico sobre a vaca em lactação e definiram algumas alterações fisiológicas. O aumento da temperatura corporal estimula a frequência respiratória para dissipar calor. A maior quantidade de ar que entra nos pulmões aumenta a concentração de oxigênio no sangue e reduz a pressão de gás carbônico. Uma vez que, no sangue, a relação de CO_2 e HCO_3^- é mantida na proporção de 20:1, a redução do CO_2 pode ser acompanhada pela redução do bicarbonato mas com aumento do pH. Resposta esta certificada no trabalho de Schneider et al. (1984) onde comprovaram a importância do conforto térmico ao estudar nove vacas leiteiras a pasto, com ou sem sombra. A dieta com 25% de volumoso foi oferecida duas vezes por dia, em cochos individualizados. As vacas que ficaram expostas ao sol apresentaram maior temperatura corporal e frequência respiratória (83 vs 133 por min). Para os parâmetros sanguíneos, o calor causou alcalinização do sangue (pH 7,43 vs 7,48), redução da pressão de gás carbônico sanguíneo (39,8 vs 30,9 mmHg), redução da concentração de bicarbonato (25,5 vs 22,1 mmol/L). O estresse térmico causou também redução de 4 kg de consumo diário, levando a redução na produção de leite de 19,4 para 17 kg/d. Resposta similar foi encontrada por West, Mullinix e Sandifer (1991) com aumento do pH e redução da pressão de gás carbônico no sangue de vacas quando submetidas ao estresse térmico.

Tabela 2: Estudos onde a resposta gasométrica do fornecimento de cargas foi avaliada em amostra de sangue venoso.

Forragem (%)	Substância	DCAD	Leite (L)	CMS ¹ (kg/MS)	pH - Sangue	HCO ₃ ⁻	pO ₂	pCO ₂	BE
Bossard et al., 2010									
58,6	CaCO ₃	0	33,9	* ² 20,6	* 7,36	* 21,0	N ³	37,3	-3,7
	Na ₂ CO ₃	150	35,0	21,5	7,40	23,8	N	39,1	-0,7
	Na ₂ HPO ₄	300	36,6	24,6	7,44	25,3	N	37,5	1,3
Bossard et al., 2010									
40,0	C		34,6	18,6	7,38	27,5	N	47,4	N
	NaHCO ₃	1% NaHCO ₃	31,5	19,8	7,40	29,1	N	48,5	N
	MgO	0,8% MgO	35,2	19,8	7,38	29,0	N	50,4	N
		NaHCO ₃ + MgO	33,4	19,6	7,40	30,3	N	50,4	N
Ghorbani, Jackson e Hemken, 1989									
40,0	C		23,2	19,5	7,44	28,9	N	44,0	N
	NaHCO ₃	NaHCO ₃	23,9	19,2	7,44	29,0	N	44,2	N
	NaSC	NaSC	23,2	19,2	7,43	28,9	N	45,1	N
Tucker et al., 1994									
30,7	NaHCO ₃	11,5	33,9	22,6	7,43	29,1	33,8	43,9	* 4,1
		28,8	33,7	23,6	7,41	29,9	33,1	46,2	4,7

Tabela 2, conclusão

Forragem (%)	Substância	DCAD	Leite (L)	CMS (kg/MS)	pH – Sanguê	HCO ₃ ⁻	pO ₂	pCO ₂	BE	
Hu et al., 2007										
50	CaCl ₂	-3	35,3	24,9 *	7,36	25,9 *	28,5	46,9	0,6 *	
	K ₂ CO ₃	22	36,4	26,1	7,39	27,5	27,7	46,8	2,3	
	NaHCO ₃	47	36,1	27,0	7,40	28,2	28,7	46,8	3,3	
Roche, Petch e Kay, 2005										
70	CaCl ₂	23	24,8	15,9	7,43 *	31,3 *	42,0	46,9	7,0 *	
	CaCO ₃	45	26,1	16,7	7,45	32,5	40,2	47,0	8,3	
	NaHCO ₃	70	26,6	17,9	7,48	34,7	40,5	46,9	10,6	
	MgO	88	26,3	17,4	7,49	38,0	40,8	50,2	13,7	
Tucker, Harrison e Hemken, 1988										
50		-10	18,5 *	16,8 *	7,37 *	19,3 *	28,7	34,4 *	N	
	NaCl KCl	0	19,5	18,0	7,37	21,1	27,3	37,1	N	
		10	19,6	18,3	7,42	22,2	31,5	35,0	N	
		20	20,1	18,6	7,43	23,2	30,9	36,3	N	

¹CMS: consumo de matéria seca. ²*: variáveis que diferenciam estatisticamente ($P < 0,05$). ³N: variável não descrita no trabalho.

No intuito de estudar o impacto da diferença eletrolítica da dieta no metabolismo ácido básico em ambientes quente e frio, West, Mullinix e Sandifer (1991) realizaram um experimento com oito vacas lactantes, em duas épocas do ano, testando quatro dietas. As vacas foram alimentadas com dieta contendo silagem de milho na proporção de 40%. A diferença cátion aniônica dos tratamentos foi obtida com a inclusão de CaCl_2 como fonte de carga negativa e KHCO_3 como fonte de carga positiva. O balanço eletrolítico dos tratamentos foi A - 79,4; B 47,2; C 166,6 e D 324,4. A resposta em ingestão dietética foi linear para o aumento de cargas da dieta, mesma relação foi observada para produção de leite. A produção não foi influenciada pela fase (quente ou frio) e não houve interação do DCAD da dieta com temperatura ambiente para esta variável. A ingestão de matéria seca foi influenciada pela temperatura com platô alterada da dieta B no calor para a dieta C, indicando que um maior aporte de cátions pela dieta no calor foi prejudicial. A relação da ingestão com o balanço eletrolítico da dieta teve efeito quadrático, onde o consumo aumentou (de 11,8 para 17,4 kg de MS) com o fornecimento de cargas positivas até a dieta C, com DCAD de 166,6 mEq/kg. Quando o efeito da temperatura foi considerado, a resposta foi diferente para o frio. O consumo aumentou com o acréscimo de cargas positivas em 6 kg/MS até o DCAD de 47,2, quando a inclusão de cargas foi maior houve redução do consumo diário em 2kg/MS.

No trabalho desenvolvido por Correa (2006), adotando diferentes concentrações de bicarbonato de sódio testou quatro diferentes dietas com DCAD de +150, +250, +400 e +500 mEq/kg de MS. A medida que aumentou fornecimento de bicarbonato do tratamento também aumentou a ingestão de matéria seca ($P = 0,03$). Acompanhando o consumo houve maior produção (15,68 - 18,06 L) e, por conseguinte maior eficiência alimentar com o aumento do DCAD ($P = 0,03$). A concentração de bicarbonato (24,75 - 28,38 mmol/L) e o pH sanguíneo (de 7,44 a 7,48) aumentaram com o aumento do DCAD ($P <$

0,01). Como resposta compensatória a alcalose, a pressão de gás carbônico no sangue aumenta. As respostas positivas deste trabalho podem ser relacionadas tanto ao efeito do bicarbonato quanto ao aumento de cargas positivas da dieta.

Para as variáveis sanguíneas os autores (WEST, MULLINIX E SANDIFER, 1991) relatam que o pH sanguíneo ficou mais básico à medida que mais cargas foram absorvidas, contudo sem ultrapassar valor fisiológico.. Resposta quadrática ao aporte de cargas pela dieta foi observada também na concentração do bicarbonato, na taxa respiratória e no excesso de base. O melhor desempenho animal, maior ingestão e produção de leite estão relacionados à dieta com DCAD próximo de zero, que seria o fisiológico normal. Houve interação do fornecimento de cargas pela dieta com a temperatura ambiente em duas variáveis sanguíneas, pressão de gás carbônico e taxa respiratória. No frio a pCO_2 sanguínea aumenta com o DCAD, já no calor, a pCO_2 permanece inalterada. Isso pode estar relacionado a maior frequência respiratória no verão. As variáveis sanguíneas para a dieta com DCAD negativo apresentaram menor variação entre o calor e o frio. A frequência respiratória dos animais na dieta com DCAD -79,4 apresentou um aumento de 18 movimentos/min no calor. Para a dieta com menor valor positivo DCAD 47,2 o aumento da frequência respiratória foi de 32 movimentos/min. Sugerindo que em clima quente o fornecimento de carga positiva possa ser prejudicial ao animal.

Na Tabela 2 estão listados alguns trabalhos onde os efeitos do fornecimento de cargas para vacas em lactação foram avaliados com parâmetros sanguíneos. Diferentes substâncias são usadas com essa finalidade. Nos trabalhos em que o consumo diferiu estatisticamente, o maior aporte de carga foi relacionado com maior CMS. A alcalinização sangue foi relacionada ao maior fornecimento de cargas positivas através da dieta, independente da substância fonte de carga.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido entre 29 de dezembro e 21 de março de 2010, período chuvoso e quente do ano, em Ijací, MG, a 846 m de altitude, nas coordenadas 21° 09' 52,4" de latitude sul e 44° 55' 52,40" de longitude oeste. As vacas foram alimentadas individualmente em confinamento total do tipo *tie stall* com camas de areia e ordenhadas duas vezes ao dia, às 6h e às 18h. Os ingredientes dietéticos foram misturados duas vezes ao dia, para fornecimento da dieta total, às 7h e 13h, em quantidade suficiente para prover, pelo menos, 10% do oferecido como sobra diária.

Vinte vacas da raça Holandês, sendo nove primíparas, com 248±59 dias em lactação, no início do período experimental, formaram cinco grupos de quatro animais, em função da produção diária de leite. Dentro de cada grupo, os animais foram aleatoriamente alocados em uma sequência de quatro tratamentos, em delineamento do tipo quadrado latino 4x4, conduzidos simultaneamente, com períodos de 21 dias e balanceados para efeito residual. Os tratamentos foram: controle (C), 1% de farinha do esqueleto de algas *Lithothamnium calcareum* (Superal. Algarea Mineração Ltda., Rio de Janeiro, RJ) (A), 0,5% de farinha de algas e 0,5% de bicarbonato de sódio (AB), e 1% de bicarbonato de sódio (B) (Tabela 3). A resposta aos tratamentos foi avaliada entre os dias 12 a 18. Nos dias 19 a 21, o teor de amido dietético foi aumentado abruptamente, por substituição parcial de silagem de milho por milho reidratado e ensilado, simulando um manejo alimentar indutor de acidose ruminal (

Nos dias 12 a 18 e 19 a 21, amostras dos ingredientes dietéticos e das sobras foram coletadas e congeladas para formar amostras compostas ao final dos períodos. As amostras foram pré-secas em estufa ventilada, a 55 °C, por 72 horas, trituradas em peneira com crivo de 1 mm, em moinho do tipo Thomas-Willey, e uma subamostra foi desidratada, a 100 °C, por 24 horas, para a

determinação do teor de matéria seca (MS). O consumo diário de MS (CMS) foi determinado nos dias 12 a 18 e nos dias 19 a 21.

Tabela 4).

Tabela 3: Composição das dietas nos tratamentos controle (C), farinha de algas (A), farinha de algas e bicarbonato de sódio (AB) ou bicarbonato de sódio (B)

	C	A	AB	B
	% da matéria seca			
Silagem de milho	52,7	52,7	52,7	52,7
Feno de tifton	2,2	2,2	2,2	2,2
Farelo de soja	21,7	21,7	21,7	21,7
Milho reidratado e ensilado	21,0	20,0	20,0	20,0
Farinha de algas		1,0	0,5	
Bicarbonato de sódio			0,5	1,0
Óxido de magnésio	0,2	0,2	0,2	0,2
Calcário calcítico	1,4	1,4	1,4	1,4
NaCl	0,4	0,4	0,4	0,4
Minerais e vitaminas ¹	0,4	0,4	0,4	0,4
Proteína bruta	17,8	17,8	17,6	17,0
Fibra em detergente neutro	38,6	39,1	38,0	36,5
Extrato etéreo	4,3	4,5	4,4	4,3
Cinzas	6,0	6,9	6,9	7,3
Carboidratos não fibrosos ²	33,3	31,7	33,1	34,9
Cálcio	0,87	1,15	1,03	0,86
Sódio	0,20	0,21	0,34	0,47
Fósforo	0,35	0,34	0,34	0,34

¹Minerais e vitaminas: 18,5% de Ca; 15% de P; 3,0% de Mg; 3,0% de S; 240 ppm de Co; 3000 ppm de Cu; 8000 ppm de Mn; 12000 ppm de Zn; 90 ppm de Se; 180 ppm de I; 1.000.000 UI/kg Vit. A; 250.000 UI/kg Vit. D; 6.250 UI/kg Vit E. ²Carboidratos não fibrosos (CNF) = 100 – (PB + FDN + EE + Cinzas)

Nos dias 12 a 18 e 19 a 21, amostras dos ingredientes dietéticos e das sobras foram coletadas e congeladas para formar amostras compostas ao final dos períodos. As amostras foram pré-secas em estufa ventilada, a 55 °C, por 72 horas, trituradas em peneira com crivo de 1 mm, em moinho do tipo Thomas-Willey, e uma subamostra foi desidratada, a 100 °C, por 24 horas, para a determinação do teor de matéria seca (MS). O consumo diário de MS (CMS) foi determinado nos dias 12 a 18 e nos dias 19 a 21.

Tabela 4 Composição das dietas durante o aumento no teor dietético de amido nos tratamentos controle (C), farinha de algas (A), farinha de algas e bicarbonato de sódio (AB) ou bicarbonato de sódio (B)

	C	A	AB	B
Silagem de milho	40,3	40,2	40,3	40,3
Feno de tifton	2,3	2,3	2,3	2,3
Farelo de soja	22,4	22,4	22,4	22,3
Milho reidratado e ensilado	32,6	31,6	31,6	31,6
Farinha de algas		1,0	0,5	
Bicarbonato de sódio			0,5	1,0
Óxido de magnésio	0,2	0,2	0,2	0,2
Calcário calcítico	1,4	1,4	1,4	1,4
NaCl	0,4	0,4	0,4	0,4
Minerais e vitaminas ¹	0,4	0,4	0,4	0,4

¹Minerais e vitaminas: 18,5% de Ca; 15% de P; 3,0% de Mg; 3,0% de S; 240 ppm de Co; 3000 ppm de Cu; 8000 ppm de Mn; 12000 ppm de Zn; 90 ppm de Se; 180 ppm de I; 1.000.000 UI/kg Vit. A; 250.000 UI/kg Vit. D; 6.250 UI/kg Vit E.

O teor de proteína bruta foi mensurado por destilador a vapor do tipo Microkjelghal (ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS - AOAC, 1975), o extrato etéreo segundo o AOAC (1990), as cinzas por incineração da amostra, a 550 °C, por 8 horas e a fibra em detergente neutro (FDN), por determinador de fibra TE-149 (TECNAL, Piracicaba, SP), usando sulfato de sódio e amilase.

A produção diária de leite nos dias 14 a 18 e a composição do leite em seis ordenhas consecutivas nos dias 16 a 18. Amostras do leite de cada ordenha também foram obtidas nos dias 19 a 21, em frascos com o conservante bronopol. Os teores no leite de proteína, gordura, lactose, sólidos totais e nitrogênio ureico (NUL) foram determinados no Laboratório Centralizado da Associação Paranaense de Criadores de Bovinos da Raça Holandesa (APCBRH, Curitiba, PR).

O peso vivo após a ordenha da manhã e a condição corporal foram avaliados no dia 10, para descrever as unidades experimentais. A condição corporal foi avaliada visualmente por três avaliadores independentes e o escore médio de cada vaca foi calculado, em escala de 1 a 5, sendo 1 representativo de magra e 5 de gorda (WILDMAN et al., 1982).

A digestibilidade aparente da MS e da matéria orgânica no trato digestivo total foi determinada por mensuração da produção fecal, por coleta total de fezes realizada por oito horas ininterruptas, nos dias 12 a 14. A coleta de fezes em cada dia foi iniciada com oito horas de atraso com relação ao dia anterior. Amostras das fezes de cada vaca foram congeladas e formaram amostras compostas ao final dos períodos. Os compostos fecais foram desidratados e o teor de cinzas determinado como previamente descrito.

O tempo de ingestão da primeira refeição diária (refeição condicionada) foi cronometrado nos dias 16 e 20. Nestes mesmos dias, a proporção do consumo em cada período do dia (manhã, tarde e noite) foi determinada por mensuração da dieta oferecida e das sobras, em quatro momentos, ao longo de 24 horas, sendo às 7 h, às 12 h, às 18 h e às 7 h.

No dia 19, primeiro dia de fornecimento das dietas com maior teor de amido, amostras de sangue da veia jugular foram coletadas em tubo heparinizado, 10 horas e 20 minutos após a alimentação matinal. As amostras

foram analisadas em tempo menor que uma hora, em hemogasômetro AGS 22 (Drake Eletrônica e Comércio Ltda. - São José do Rio Preto, SP).

Os dados foram analisados pelo procedimento GLM do SAS, pelo seguinte modelo: $Y_{ijk} = \mu + Q_i + V_{j(i)} + P_k + T_l + e_{ijklm}$, em que μ = média geral; Q_i = efeito de quadrado ($i = 1$ a 5); $V_{j(i)}$ = efeito de vaca dentro de quadrado ($j = 1$ a 20); P_k = efeito de período ($k = 1$ a 4); T_l = efeito de tratamento ($l = C, A, AB, B$); e_{ijklm} = erro experimental, assumido independente e identicamente distribuído em uma distribuição normal com média zero e variância σ^2 . Três contrastes pré-planejados compararam tratamentos: C1 = C vs. A; C2 = contraste linear de substituição da farinha de algas por bicarbonato de sódio = A vs. B e C3 = contraste quadrático de substituição de farinha de algas por bicarbonato de sódio = AB vs. (A+B).

A resposta às dietas com maior teor de amido foi analisada pelo procedimento MIXED do SAS, com estrutura de medidas repetidas no tempo. A resposta à dieta basal foi considerada como dia 0 e os dias 19 a 21 de consumo das dietas com maior teor de amido como dias 1, 2 e 3. Ao modelo anterior foram acrescentados os efeitos de dia (0, 1, 2, 3) e a interação entre dia e tratamento. O quadrado médio para a interação entre vaca, período e tratamento foi usado como medida de erro para testar o efeito de tratamento. Foram consideradas as estruturas de covariância autorregressiva de primeira ordem, simetria composta, e não estruturada; aquela com o menor valor para o critério de informação de Akaike foi utilizada. Além dos contrastes C1, C2 e C3, três contrastes para o efeito de dia foram avaliados: C4 = contraste linear = -3 (Dia 0) -1 (Dia 1) 1 (Dia 2) 3 (Dia 3); C5 = contraste quadrático = 1 (Dia 0) -1 (Dia 1) -1 (Dia 2) 1 (Dia 3) e C6 = contraste cúbico = -1 (Dia 0) 3 (Dia 1) -3 (Dia 2) 1 (Dia 3).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve queda no CMS quando a farinha de algas foi acrescida, na inclusão de 1% da MS (Tratamento A), e ganho linear no consumo e tendência ($P=0,10$) de ganho na produção de leite por substituição da farinha de algas por bicarbonato de sódio (Tabela 5). Estes resultados são coerentes com a queda crescente na produção de leite de vacas em início da lactação, quando as dietas continham 0,3%, 0,6% ou 0,9% da MS de farinha de algas (CRUYWAGEN et al., 2004).

Clark et al. (1989) também detectaram queda no consumo e na produção de leite em resposta à inclusão de 1,4% ou 2,1% de carbonato de cálcio à dieta de vacas leiteiras. A suplementação excessiva de Ca não parece ser uma explicação plausível para a queda no consumo e no desempenho com a inclusão de farinha de algas, já que a concentração dietética de Ca neste tratamento foi ao redor de 1% da matéria seca (Tabela 3). Dietas contendo até 1,8% de Ca são utilizadas para vacas leiteiras (BEEDE et al., 1991). A suplementação de cálcio acima da exigência nutricional, principalmente em dietas baseadas em silagem de milho, tem sido prática rotineira em rebanhos leiteiros comerciais (NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC, 2001).

Nas dietas experimentais potencialmente indutoras de baixo pH ruminal, com alta inclusão de silagem de milho com pequeno tamanho de partículas e milho grão reidratado e ensilado, não houve resposta, em digestibilidade da matéria seca e da matéria orgânica, ao uso do alcalinizante e/ou tamponante (Tabela 5). O fato de os animais estarem em fase final da lactação e, portanto, com consumo diário não máximo, e a inclusão de 0,2 % de óxido de magnésio e 1,4% de calcário calcítico em todos os tratamentos (Tabela 3), podem ter mascarado uma possível ação positiva dos tratamentos sobre a digestibilidade, mediada por controle da acidez ruminal. Apesar da diferença observada no

consumo e nas produções de leite e de sólidos entre tratamentos, a eficiência leiteira, mensurada pela relação entre a produção de leite e o CMS, foi similar (Tabela 5), sugerindo que a menor ingestão de nutrientes determinou a menor produção por animal e não a menor eficiência digestiva por unidade de dieta ingerida.

A resposta em produção de leite e CMS, quando silagem de milho foi parcialmente substituída por milho grão reidratado e ensilado durante os três últimos dias dos períodos experimentais (Tabela 6), teve padrão de resposta aos tratamentos observado quando a dieta com menor teor de milho foi ofertada (Tabela 5). Entretanto, quando maior fermentabilidade dietética foi induzida experimentalmente, houve aumento no suporte estatístico à resposta aos tratamentos, principalmente em produção diária de sólidos do leite (Tabela 6). Houve menor produção diária de sólidos no tratamento A relativamente ao tratamento C e aumento linear com a substituição da farinha de algas por bicarbonato de sódio.

O efeito do dia da mudança dietética sobre o desempenho leiteiro e o teor de NUL foi marcado e teve padrão de resposta majoritariamente quadrático (Tabela 6). As Figuras 1 a 3 ilustram a resposta diária ao aumento abrupto no teor de amido dietético fermentável no rúmen. A substituição de silagem de milho por milho grão reidratado e ensilado induziu ao aumento do consumo no dia 1 da mudança de dieta, enquanto a produção de leite respondeu positivamente no dia subsequente (Figura 1). A resposta positiva em produção de leite observada no dia 2 foi acompanhada por queda no teor de gordura do leite, nos tratamentos A e C (Figura 2), aqueles sem inclusão de bicarbonato de sódio, sugerindo que este tamponante foi mais efetivo na manutenção do padrão de fermentação ruminal que a farinha de algas. A queda no teor de NUL no dia 2 (Figura 4) sugere que houve aumento no crescimento microbiano no rúmen em resposta ao maior teor dietético de amido fermentável, uma explicação plausível

para a tendência de aumento no teor de proteína do leite no dia 3 (Figura 3). Entretanto, o efeito positivo sobre o consumo e a produção de leite no aumento da fermentabilidade das dietas não perdurou até o terceiro dia da mudança dietética, no qual houve queda do consumo em todos os tratamentos (Figura 1). Menor consumo é uma resposta clássica à ocorrência de acidose ruminal (PEREIRA et al., 1999), demonstrando que o modelo experimental adotado foi efetivo na indução de maior acidogênese no rúmen. O consumo foi consistentemente menor no Tratamento A (Figura 3), demonstrando a alta capacidade depressora do consumo da farinha de algas na maior inclusão dietética estudada.

Os percentuais de 60% e 70% da ingestão diária de matéria seca ocorreram entre 7h e 18h. O perfil de variação entre tratamentos na resposta em proporção da ingestão diária no período da manhã (Consumo 1, Tabela 7) foi semelhante à resposta observada para o CMS (Tabelas 5 e 6). A proporção do consumo diário entre 7h e 12h foi menor no tratamento A e houve aumento linear nesta variável com a substituição da farinha de algas por bicarbonato. Entretanto, o tempo da primeira refeição nos tratamentos com cátions suplementares, na forma de Ca^{++} oriundo da farinha de algas ou Na^+ oriundo de bicarbonato de sódio, foi semelhante e superior a C, principalmente quando dietas com maior teor de amido fermentável foram ofertadas (Tabela 7). Estes dados sugerem que o mecanismo determinante da saciedade, definido pelo tempo da primeira refeição, foi distinto daquele que definiu o consumo por horas ou ao longo do dia. A farinha de algas foi tão efetiva quanto o bicarbonato na indução de aumento no tempo da primeira refeição, sugerindo que existe similaridade entre estes produtos em um dos mecanismos que regularam o consumo em curto prazo.

Tabela 5: Desempenho, consumo de matéria seca e digestibilidade aparente no trato digestivo total de vacas leiteiras nos tratamentos controle (C), farinha de algas (A), farinha de algas e bicarbonato de sódio (AB), ou bicarbonato de sódio (B)

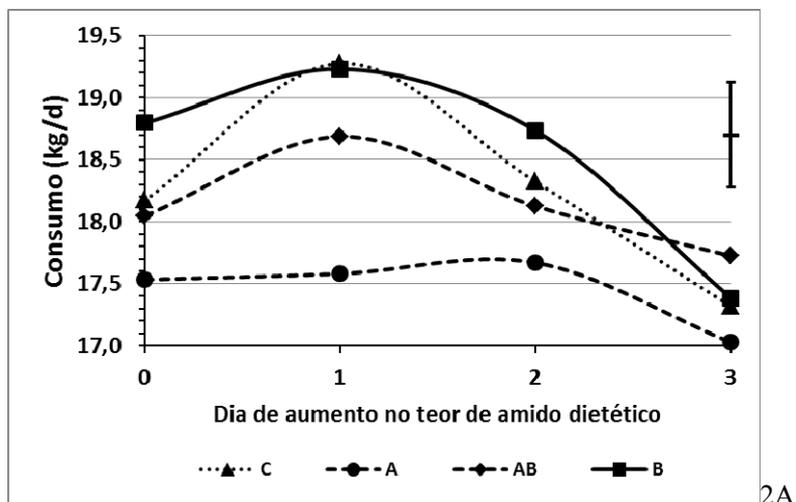
	C	A	AB	B	EPM ¹	Trat ²	C1 ³	C2 ³	C3 ³
	kg/d								
Consumo	18,1	17,5	18,0	18,8	0,22	<0,01	0,05	<0,01	0,11
Leite	21,5	20,6	21,5	22,3	0,72	0,44	0,40	0,10	0,70
Gordura	0,673	0,638	0,688	0,704	0,025	0,30	0,33	0,07	0,98
Proteína	0,727	0,682	0,720	0,750	0,023	0,21	0,17	0,04	0,51
Lactose	0,969	0,924	0,977	1,007	0,034	0,40	0,36	0,09	0,79
Sólidos	2,564	2,430	2,585	2,659	0,085	0,29	0,27	0,06	0,80
	% do leite								
Gordura	3,17	3,10	3,21	3,18	0,068	0,70	0,50	0,40	0,65
Proteína	3,45	3,36	3,37	3,43	0,029	0,08	0,03	0,08	0,06
Lactose	4,46	4,41	4,50	4,47	0,030	0,21	0,26	0,20	0,29
Sólidos	11,98	11,77	12,01	11,97	0,079	0,13	0,07	0,07	0,70
	kg leite/kg Consumo								
Eficiência	1,18	1,18	1,19	1,19	0,031	0,99	0,95	0,86	0,91
	mg/dL								
NUL ⁴	14,0	14,4	14,1	14,7	0,39	0,60	0,50	0,55	0,67
	1 a 5								
ECC ⁵	3,19	3,17	3,12	3,17	0,052	0,11	0,81	0,56	0,73
	kg								
Peso vivo	664	663	659	661	2,6	0,58	0,85	0,53	0,33
	% do ingerido								
DMS ⁶	67,0	69,0	69,0	67,5	1,40	0,64	0,32	0,44	0,30
DMO ⁷	70,66	71,30	70,34	70,00	0,82	0,38	0,62	0,31	0,78

¹EPM = erro padrão das médias. ²Trat = valor de probabilidade para o efeito de tratamento. ³Contrastes: C1 = C vs. A. C2 = A vs. B. C3 = AB vs. (A+B). ⁴NUL = nitrogênio ureico no leite. ⁵ECC = escore de condição corporal. ⁶DMS = digestibilidade da matéria seca. ⁷DMO = digestibilidade da matéria orgânica

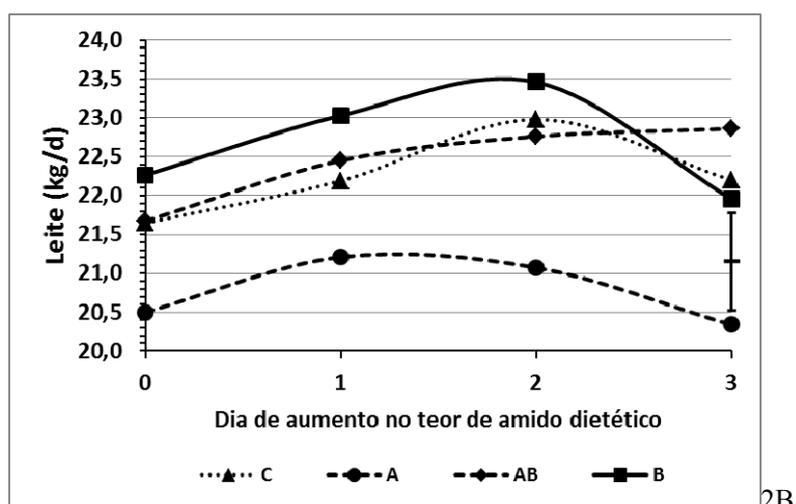
Tabela 6 :Desempenho e consumo de matéria seca de vacas leiteiras, posteriores (Dias 1, 2 e 3) e anteriores (Dia 0. Média de cinco dias pré-desafio com amido) a aumento no teor dietético de amido nos tratamentos controle (C), farinha de algas (A), farinha de algas e bicarbonato de sódio (AB), ou bicarbonato de sódio (B)

	C	A	AB	B	EPM ¹	Trat ²	Dia ²	Int ²	C1 ³	C2 ³	C3 ³	C4 ³	C5 ³	C6 ³
	kg/d													
Consumo	18,3	17,5	18,1	18,5	0,31	0,10	<0,01	0,62	0,07	0,02	0,51	<0,01	<0,01	0,29
Leite	22,2	20,8	22,4	22,7	0,55	0,08	<0,01	0,43	0,07	0,02	0,96	0,22	<0,01	0,20
Gordura	0,688	0,639	0,711	0,708	0,021	0,07	0,01	0,73	0,11	0,02	0,62	0,56	<0,01	0,37
Proteína	0,752	0,688	0,748	0,766	0,018	0,02	<0,01	0,53	0,02	<0,01	0,64	0,12	<0,01	0,37
Lactose	0,997	0,932	1,013	1,027	0,027	0,08	<0,01	0,32	0,09	0,02	0,99	0,22	<0,01	0,08
Sólidos	2,640	2,447	2,681	2,705	0,067	0,04	<0,01	0,31	0,05	<0,01	0,92	0,44	<0,01	0,61
	% do leite													
Gordura	3,12	3,09	3,19	3,14	0,061	0,72	0,26	0,90	0,75	0,63	0,41	0,06	0,50	0,47
Proteína	3,43	3,38	3,38	3,44	0,027	0,22	<0,01	0,66	0,19	0,15	0,07	0,04	<0,01	0,90
Lactose	4,44	4,42	4,48	4,46	0,026	0,34	0,66	0,58	0,48	0,19	0,39	0,51	0,60	0,49
Sólidos	11,89	11,79	11,97	11,94	0,071	0,29	0,52	0,50	0,31	0,13	0,53	0,27	0,76	0,70
	mg/dL													
NUL ⁴	13,6	13,8	13,8	13,9	0,35	0,96	<0,01	0,88	0,68	0,87	0,97	0,02	<0,01	0,03

¹EPM = erro padrão das médias. ²Trat = valor de probabilidade para o efeito de tratamento (Trat), dia (Dia) e interação entre dia e tratamento (Int). ³Contrastes: C1 = C vs. A. C2 = A vs. B. C3 = AB vs. (A+B). C4 = -3 (Dia 0) -1 (Dia 1) 1 (Dia 2) 3 (Dia 3). C5 = 1 (Dia 0) -1 (Dia 1) -1 (Dia 2) 1 (Dia 3). C6 = -1 (Dia 0) 3 (Dia 1) -3 (Dia 2) 1 (Dia 3). ⁴NUL = nitrogênio ureico no leite

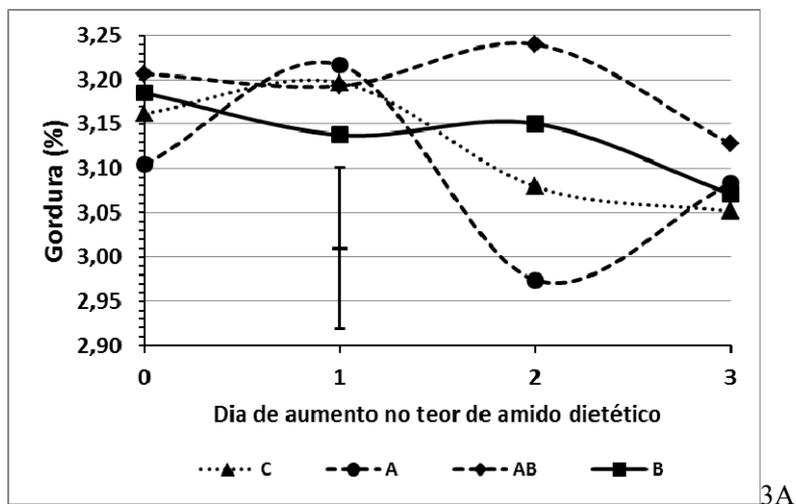


2A

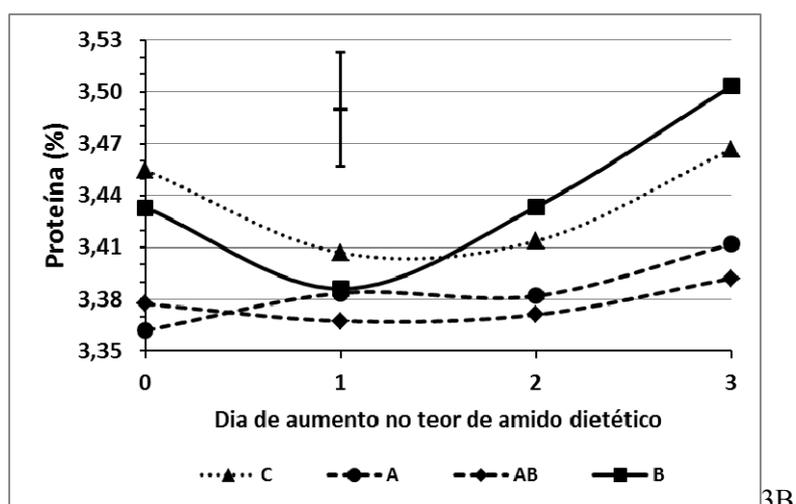


2B

Figura 2: Consumo de matéria seca (2A) e produção de leite (2B) posterior (dias 1, 2 e 3) e anterior (Dia 0. Média de cinco dias pré-desafio com amido) a aumento no teor dietético de amido nos tratamentos controle (C), farinha de algas (A), farinha de algas e bicarbonato de sódio (AB), ou bicarbonato de sódio (B)



3A



3B

Figura 3: Teores de gordura (3A) e proteína no leite (3B), posteriores (dias 1, 2 e 3) e anteriores (dia 0. Média de cinco dias pré-desafio com amido) a aumento no teor dietético de amido nos tratamentos controle (C), farinha de algas (A), farinha de algas e bicarbonato de sódio (AB), ou bicarbonato de sódio (B)

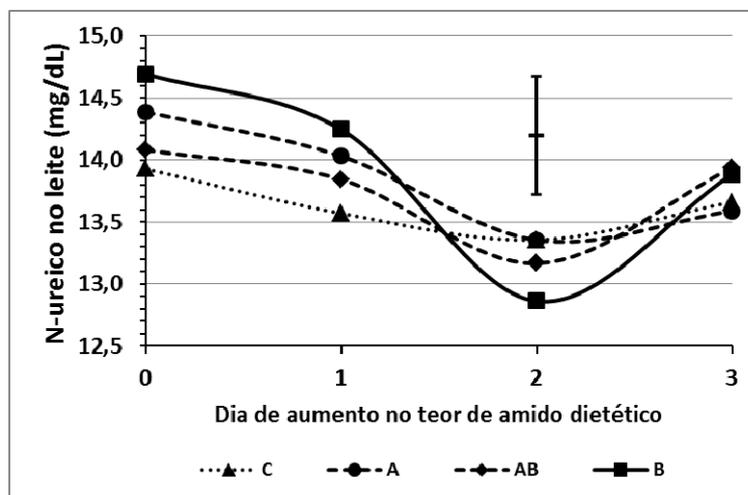


Figura 4: Teor de nitrogênio ureico no leite, posterior (dias 1, 2 e 3) e anterior (dia 0. Média de cinco dias pré-desafio com amido) a aumento no teor dietético de amido nos tratamentos controle (C), farinha de algas (A), farinha de algas e bicarbonato de sódio (AB), ou bicarbonato de sódio (B)

O padrão da resposta aos tratamentos em gasometria venosa (Tabela 8) foi similar ao padrão da resposta na variável tempo da primeira refeição (Tabela 7). O fluxo de cargas positivas para o corpo, na forma de Ca^{++} ou Na^{+} , aumentou numericamente a concentração sanguínea de HCO_3^- . Este fato é coerente com a lei da eletroneutralidade, pela qual o número de cargas positivas em uma solução precisa ser igual ao número de cargas negativas (STEWART, 1983). Para recuperar neutralidade no sangue carregado positivamente com cátions, cargas positivas na forma do íon hidrogênio (H^+) precisam ser eliminadas do compartimento sanguíneo. A redução na concentração de H^+ no sangue pode induzir um quadro de alcalemia, com excesso de bases (BE) mais positivo. Como mecanismo de resposta compensatória, ocorre aumento da pCO_2 por hipoventilação alveolar, uma acidose respiratória, resultando em manutenção do pH sanguíneo dentro da normalidade. Este mecanismo é coerente com a menor

pressão parcial de O₂ (pO₂) e o menor grau de saturação de hemoglobina por O₂ (SatO₂) (Tabela 8), indicativo de hipóxia venosa, nos tratamentos em que houve absorção líquida de cátions na forma de Ca⁺⁺ ou Na⁺.

Tabela 7: Padrão ingestivo de vacas leiteiras nos tratamentos controle (C), farinha de algas (A), farinha de algas e bicarbonato de sódio (AB), ou bicarbonato de sódio (B)

	C	A	AB	B	EPM ¹	Trat ²	C1 ³	C2 ³	C3 ³
	min								
Refeição 1 ⁴	28,8	34,6	36,5	36,9	2,77	0,16	0,15	0,55	0,30
Refeição 1 A ⁴	21,3	26,4	26,8	27,3	1,40	0,01	0,01	0,64	0,15
	% da ingestão diária								
Consumo 1 ⁵	29,5	26,2	29,2	29,9	1,18	0,11	0,05	0,03	0,75
Consumo 2 ⁵	38,6	38,5	34,7	38,5	2,09	0,53	0,98	0,68	0,21
Consumo 3 ⁵	31,9	35,3	36,0	32,8	2,07	0,44	0,25	0,38	0,15
Consumo 1 A ⁶	25,3	22,6	29,7	27,9	1,42	<0,01	0,20	0,01	0,07
Consumo 2 A ⁶	33,4	38,0	32,1	36,2	2,55	0,36	0,21	0,61	0,39
Consumo 3 A ⁶	41,3	39,3	38,1	35,9	2,21	0,36	0,53	0,27	0,86

¹EPM = erro padrão das médias. ²Trat = Valor de probabilidade para o efeito de tratamento. ³Contrastes: C1 = C vs. A. C2 = A vs. B. C3 = AB vs. (A+B). ⁴Refeição 1 = tempo da primeira refeição matinal. Refeição 1 A = Refeição 1 no desafio com amido. ⁵Consumo 1 = consumo entre 7h e 12h. Consumo 2 = consumo entre 12h e 18h. Consumo 3 = consumo entre 18h e 7h. ⁶Consumo 1 A, Consumo 2 A, Consumo 3 A = consumos no desafio com amido

Houve tendência quadrática de aumento na pO₂ e na SatO₂ com maior substituição da farinha de algas por bicarbonato de sódio, sugerindo que a dieta A demandou mais hipoventilação para manter o pH sanguíneo (Tabela 8). Entre vacas (N=80), o coeficiente de correlação entre o tempo da primeira refeição das dietas com alto amido fermentável foi -0,35 com a pO₂ e -0,32 com a SatO₂. Hipóxia tem sido relacionada à supressão do consumo em humanos e animais, por mecanismo não totalmente elucidado, mas podendo envolver leptina,

peptídeo 1 semelhante a glucagon, síntese proteica, absorção intestinal e genes reguladores de hipóxia (QUINTERO et al., 2010).

Tabela 8: Gasometria do sangue da veia jugular de vacas leiteiras nos tratamentos controle (C), farinha de algas (A), farinha de algas e bicarbonato de sódio (AB), ou bicarbonato de sódio (B)

	C	A	AB	B	EPM ¹	Trat ²	C1 ³	C2 ³	C3 ³
	mm Hg								
pCO ₂	40,34	42,61	42,69	41,98	0,889	0,22	0,08	0,61	0,17
pO ₂	42,22	33,02	35,04	36,04	1,782	<0,01	<0,01	0,23	0,07
pH	7,41	7,40	7,41	7,41	0,005	0,79	0,69	0,31	0,80
	mEq/L								
HCO ₃ ⁻	25,31	26,15	26,95	26,08	0,554	0,24	0,29	0,92	0,07
CO ₂ total	26,55	27,44	27,73	27,29	0,547	0,48	0,26	0,85	0,24
BE ⁴	0,88	1,82	2,01	1,78	0,536	0,46	0,22	0,95	0,31
	% de hemoglobina saturada								
SatO ₂	73,91	63,70	67,12	67,81	1,871	<0,01	<0,01	0,12	0,11

¹EPM = erro padrão das médias. ²Trat = valor de probabilidade para o efeito de tratamento. ³Contrastes: C1 = C vs. A. C2 = A vs. B. C3 = AB vs. (A+B). ⁴BE = base excess

Parâmetros fisiológicos descrevendo o teor de oxigênio no sangue não têm recebido alta ênfase na pesquisa envolvendo vacas leiteiras. Dentre 19 artigos revisados nos quais foi avaliada a suplementação de cátions para vacas leiteiras (BOSSARD et al., 2006, 2010; DELAQUIS; BLOCK, 1995a, 1995b; ERDMAN; HEMKEN; BULL, 1982; ESCOBOSA et al., 1984; GHORBANI; JACKSON; HEMKEN, 1989; HORN et al., 1979; HU et al., 2007; HU; KUNG, 2008; KILMER; MULLER; SNYDER, 1981; ROCHE; PETCH; KAY, 2005; ROSS; SPEARS; GARLICH, 1994; SANCHEZ; BEEDE; CORNEL, 1997; SCHNEIDER et al., 1984; TUCKER et al., 1994; TUCKER; HARRISON; HEMKEN, 1988; WEST et al., 1987, 1992), em apenas 8 a pO₂ foi relatada. Dentre os trabalhos que avaliaram esta variável, em cinco houve queda numérica

na pO_2 em resposta à adição de cátions à dieta. Na meta-análise de Hu e Murphy (2004), valores sanguíneos de pH, bicarbonato, pCO_2 e BE em vacas leiteiras foram relatados, enquanto valores de pO_2 e $SatO_2$ não foram. Dados oriundos de rebanhos comerciais italianos também sugerem que animais sujeitos à acidose ruminal têm menor pO_2 e $SatO_2$ no sangue (GIANESELLA et al., 2010; MORGANTE et al., 2009). Compreender o relacionamento entre oxigênio sanguíneo e a saciedade em ruminantes pode ser uma via para atuar sobre o CMS e o desempenho animal.

Teoricamente, todos os ânions e cátions da dieta podem afetar a carga elétrica e o pH sanguíneo, desde que sejam absorvidos (GOFF, 2000). A absorção de cargas positivas oriunda da farinha de algas ou do bicarbonato de sódio foi estimada considerando os consumos diários de matéria seca (Tabela 5) e a composição das dietas (Tabela 3). O consumo diário de farinha de algas foi de 175 g, no tratamento A e de 90 g no AB, enquanto o consumo diário de bicarbonato de sódio foi de 90 g, no AB e 188 g, no B. Como o teor analisado de Ca na farinha de algas foi 33,6% e o de Na no bicarbonato foi 28,4%, o consumo diário de Ca oriundo da farinha de algas foi 58,8 g, no A e de 30,2 g, no AB, e o de Na oriundo do bicarbonato foi de 25,6 g, no AB e 53,4 g, no B. Assumindo que o coeficiente de absorção do Ca na farinha de algas seja de 75%, o mesmo do sugerido para carbonato de cálcio pelo NRC (2001), e o do Na no bicarbonato 90%, a absorção diária de Ca foi de 44,1 g, no A e de 22,7 g, no AB, e a absorção de Na foi de 23,0 g, no AB e de 48,1 g, no B. Como o peso molecular do Ca é 40 e o do Na é 23, o número de moles absorvidos foi de 1,10 de Ca, no A e de 0,57, no AB, e 1,00 de Na, no AB e de 2,09, no B. Como a valência do Ca é +2 e a do Na +1, as cargas positivas oriundas dos suplementos nos tratamentos A, AB e B foram 2,20, 2,14 e 2,09, respectivamente.

A regressão linear descrevendo a variação da pO_2 nos tratamentos A, AB e B, em função da variação na absorção estimada de cargas positivas oriunda dos

suplementos avaliados, foi pO_2 (mm Hg) = $93,983 - 27,659 \times$ absorção de cargas suplementares ($r^2=0,98$. $P<0,01$). Nestas vacas em fase final da lactação, alimentadas com teores dietéticos de Ca entre 0,9% e 1,1% da MS, e Na entre 0,2% e 0,5% (Tabela 3), foi marcado o relacionamento entre a pO_2 e a absorção de cargas positivas dos suplementos, calculada assumindo-se coeficientes de absorção propostos pelo NRC (2001).

Tabela 9: Balanço de cargas providas da suplementação de farinha de algas e bicarbonato de sódio nos tratamentos farinha de algas (A), farinha de algas e bicarbonato de sódio (AB), ou bicarbonato de sódio (B)

	A	AB	B
Consumo (g) ¹			
Farinha de algas	175	90	
Ca	58,8	30,2	
Bicarbonato		90	188
Na		25,6	53,4
Absorção (g) ²			
Ca	44,1	22,7	
Na		23,0	48,1
Absorção de moles ³	1,10	1,57	2,09
Absorção de cátions ⁴	2,20	2,14	2,09

¹ Teor de Ca na farinha de algas, 33,6% e Na no bicarbonato, 28,4%

² Coeficiente de absorção do Ca, 75% e do Na, 90%

³ Peso molecular do Ca, 40 g e do Na, 23 g

⁴ Valência do Ca, +2 e do Na, +1

Quando zero, o valor de absorção de cargas positivas oriundas dos suplementos no tratamento C foi acrescido à regressão anterior. A resposta em pO_2 aos tratamentos sugeriu a ocorrência de platô prévio à queda nesta variável, a partir de determinado valor de absorção de cátions. Os dados também sugerem que valores de pO_2 abaixo de 35 mm Hg podem deprimir o CMS (Tabelas 5 e 6) de ocorrência no tratamento A (Tabela 8). Tucker, Harrison e Hemken (1988),

ao variarem o suprimento dietético de cátions em vacas leiteiras, observaram CMS de 18,0; 18,3 e 18,6 kg/d e, para pO_2 , 27,3, 31,5 e 30,9 mm Hg, respectivamente, valores abaixo dos aqui observados. Pela regressão linear gerada, o valor de absorção de cargas positivas dos suplementos capaz de induzir pO_2 de 35 seria 2,132. Assumindo que estas deduções são coerentes, a dose diária máxima de farinha de algas seria 169 g, estimada pelo inverso dos relacionamentos anteriormente descritos: farinha de algas (g/d) = $\{[(2,132/2)*40]/0,75\}/0,336$. Este valor de suplementação seria o teoricamente adequado para resultar em pO_2 de 35 mm Hg.

A suplementação diária com farinha de algas parece ter sido demasiadamente alta neste experimento. Alta suplementação com farinha de algas pode deprimir o CMS e a produção de leite (CRUYWAGEN et al., 2004). Estes autores sugeriram que o teor ótimo de farinha de algas na dieta seria ao redor de 0,3% da MS ou cerca de 80 g/vaca/d, apesar do delineamento estatístico questionável na pesquisa, principalmente pela ausência de grupo controle não suplementado, e da ausência de publicação da pesquisa como artigo científico.

Entretanto, suplementar vacas em lactação com cátions absorvíveis pode ser desejável (HU; MURPHY, 2004). Estudos têm demonstrado que existe um nível ótimo de suplementação de cátions para a maximização do CMS e da produção de leite (SANCHEZ; BEEDE; CORNEL, 1997), o que é coerente com os dados aqui obtidos e com a resposta quadrática nestas variáveis, obtida na meta-análise de Hu e Murphy (2004). A farinha de algas pode ser um manipulador do balanço ácido-básico venoso, podendo ter aplicações nutricionais e em fases específicas da lactação de alta ocorrência de acidemia. Teores de inclusão dietética da farinha de algas mais adequados à obtenção de resposta positiva em desempenho animal requerem definição científica.

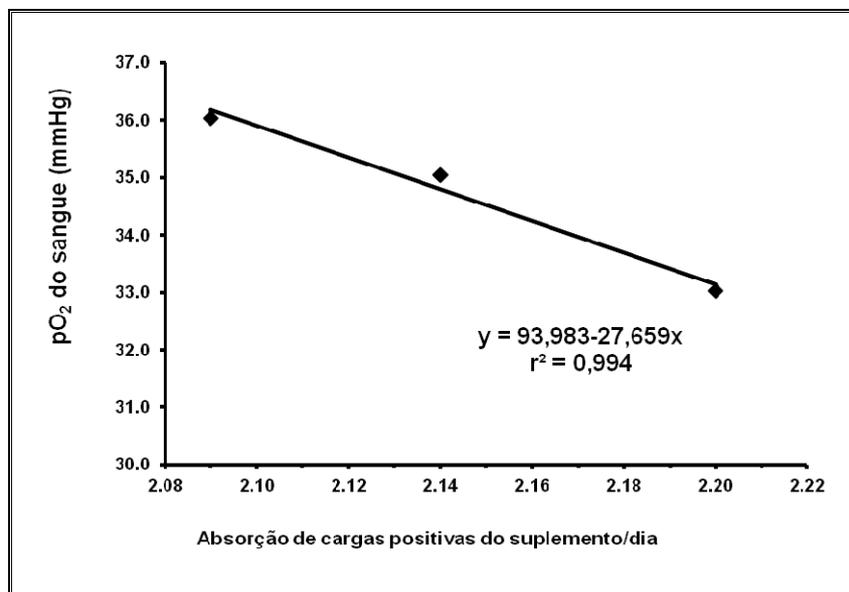


Figura 5: Absorção de cargas positivas do suplemento e pressão de oxigênio sanguíneo nos tratamentos farinha de algas (A), farinha de algas e bicarbonato de sódio (AB), ou bicarbonato de sódio (B).

5 CONCLUSÕES

A suplementação dietética de 1% da MS de farinha de algas deprimiu o desempenho de vacas em final de lactação e foi capaz de atuar similarmente ao bicarbonato de sódio sobre parâmetros venosos, descrevendo o balanço ácido-básico.

6 REFERÊNCIAS

AMANCIO, C. E. **Precipitação de CaCO₃ em algas marinhas calcárias e balanço de CO₂ atmosférico**: os depósitos calcário marinhos podem atuar como reservas planetárias de carbono. 2007. 64 p. Dissertação (Mestrado em Botânica) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

ASCHENBACH, J. R. et al. Ruminant nutrition symposium: role of fermentation acid absorption in the regulation of ruminal pH. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 89, n. 4, p. 1092-1107, Apr. 2011.

ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 12th ed. Washington, 1975. v. 1, 994 p.

_____. _____. 15th ed. Washington, 1990. v. 1, 1034 p.

BAUMGARD, L. Efeito do estresse calórico no metabolismo e na produção de leite, e estratégias para minimizar efeitos negativos. In: NOVOS ENFOQUES NA PRODUÇÃO E REPRODUÇÃO DE BOVINOS, 16., 2012, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: CONAPEC, 2012. 1 CD-ROM.

BEEDE, D. K. Mineral and water nutrition in: dairy nutrition management. **Veterinary Clinics of North America**, Philadelphia, v. 7, n. 2, p. 373-390, Feb. 1991.

BERCHEZ, F. A. S. et al. Possíveis impactos das mudanças climáticas globais nas comunidades de organismos marinhos bentônicos da costa brasileira. In: BUCKERIDGE, M. S. (Org.). **Biologia e mudanças globais no Brasil**. São Carlos: RIMA, 2008. v. 1, p. 167-180.

BOSSARD, E. A. et al. Changing dietary cation-anion difference for dairy cows fed with two contrasting levels of concentrate in diets. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 89, n. 2, p. 749-760, Feb. 2006.

_____. Effects of dietary cation-anion difference on ruminal metabolism and blood acid-base regulation in dairy cows receiving 2 contrasting level of concentrate in diets. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 93, n. 9, p. 4196-4210, Sept. 2010.

CARLOS, A. C. et al. Uso da alga *lithothamnium calcareum* como fonte alternativa de cálcio nas rações de frangos de corte. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 4, p. 833-839, jul./ago. 2011.

CARVALHO, E. R. de et al. Bicarbonato de sódio e levedura como aditivos de dietas para vacas leiteiras mestiças. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 10, n. 2, p. 511-526, fev. 2009.

CHAIBAN, J. T.; BITAR, F. F.; AZAR, S. T. Effect of chronic hypoxia on leptin, insulin, adiponectin and ghrelin. **Metabolism, Clinical and Experimental**, London, v. 57, n. 8, p. 1019-1022, Aug. 2008.

CHU, D. L. H.; LI, V. W. T.; YU, R. M. K. Leptin: clue to poor appetite in oxygen-starved fish. **Molecular and Cellular Endocrinology**, New York, v. 319, n. 8, p. 143-146, Aug. 2010.

CLARK, J. H. et al. Effects of calcium carbonate on ruminal fermentation, nutrient digestibility, and cow performance. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 72, n. 2, p. 493-500, Feb. 1989.

COIMBRA, U. **Algarea obtém mineração no mar do sul do ES por cesão**.

Disponível em:

<http://www.seculodiario.com.br/arquivo/2007/outubro/29/noticiario/meio_ambiente/29_10_09.asp>. Acesso em: 29 jun. 2010.

CRUYWAGEN, C. W. et al. The effect of Acid Buf in dairy cow diets on production response and rumen parameters. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 87, n. 1, p. 46, 2004. Supplement.

CUMMINGS, D. Ghrelin and the short and long-term regulation of appetite and body weight. **Physiology & Behavior**, Elmsford, v. 89, n. 1, p. 71-84, Aug. 2006.

DAVENPORT, H. W. **ABC da química ácido-básica do sangue**. 5. ed. São Paulo: Atheneu, 1973. 127 p.

DELAQUIS, A. M.; BLOCK, E. Dietary cation-anion difference, acid-base status, mineral metabolism, renal function, and milk production of lactating cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 78, n. 10, p. 2259-2284, Oct. 1995a.

_____. The effects of changing ration ingredients on acid-base status, renal function and macromineral metabolism. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 78, n. 9, p. 2024-2029, Sept. 1995b.

DIAS, G. T. M. Granulados bioclásticos: algas calcárias. **Revista Brasileira de Geofísica**, São Paulo, v. 18, n. 3, p. 307-318, mar. 2000.

EMERY, R. S.; BROWN, L. D. Effect of feeding sodium and potassium bicarbonate on milk fat, rumen pH, and volatile fatty acid production. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 44, p. 1899-1902, 1961.

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

ESCOBOSA, A. et al. Effects of dietary sodium bicarbonate and calcium chloride on physiological responses of lactating dairy cows in hot weather. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 67, p. 574-584, 1984.

FARRAN, T.; ERICKSON, G. E.; KLOPFEBSTEIN, T. J. Evaluation of buffering agents in feedlot diets for cattle. **Beef Cattle Reports**, Lincoln, v. 1, p. 35-38, 2003.

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. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 72, n. 8, p. 2039-2045, Aug. 1989.

GIANESELLA, M. et al. Subacute ruminal acidosis and evaluation of blood gas analysis in dairy cow. **Veterinary Medicine International**, New York, v. 1, n. 1, p. 1-4, 2010.

GOFF, J. P. Pathophysiology of calcium and phosphorus disorders. **Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice**, Philadelphia, v. 16, n. 1, p. 319-337, Jan. 2000.

GRAHAM, L. E.; WILCOX, L. W. **Algae**. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2000. 640 p.

GUYTON, A. C.; HALL, J. E. **Tratado de fisiologia médica**. 9. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1997. 1008 p.

HAIKOLAEI, M. R. H. et al. Effects of experimentally induced ruminal lactic acidosis on blood pH, bicarbonate and pCO₂ in the sheep. **Pakistan Journal of Biological Sciences**, Lahore, v. 9, n. 10, p. 2003-2005, Oct. 2006.

HORN, G. W. et al. Dietary buffers and ruminal and blood parameters of subclinical lactic acidosis in steers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 48, p. 583-691, 1979.

HU, W. et al. Dietary cation-anion difference and dietary protein effects on performance and acid-base status of dairy cows in early lactation. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 90, n. 7, p. 3355-3366, July 2007.

HU, W.; KUNG, J. R. L. Effect of dietary ratio of Na:K on feed intake, milk production, and mineral metabolism in mid-lactation dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 92, n. 6, p. 2711-2718, June 2009.

HU, W.; MURPHY, M. R. Dietary cation-anion difference effects on performance and acid-base status of lactating dairy cows: a meta-analysis. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 87, n. 7, p. 2222-2229, July 2004.

_____. Statistical evaluation of early and mid lactation dairy cow reprints to dietary sodium bicarbonate addition. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 119, n. 1, p. 43-54, Feb. 2005.

KADZERE, C. T. et al. Heat stress in lactating dairy cows: a review. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 77, n. 1, p. 59-91, Feb. 2002.

KILMER, L. H.; MULLER, L. D.; SNYDE, T. J. Addition of sodium bicarbonate to rations of postpartum dairy cows: physiological and metabolic effects. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 64, p. 2357-2369, 1981.

KILMER, L. H.; MULLER, L. D.; WANGSNESS, P. J. Addition of sodium bicarbonate to rations of pre and postpartum dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 63, p. 2026-2036, 1980.

KING, J. A. et al. Influence of prolonged treadmill running on appetite, energy intake and circulating concentrations of acylated ghrelin. **Appetite**, London, v. 54, n. 3, p. 492-498, June 2010.

KOVACIK, A. M.; LOERCH, S. C.; DEHORITY, B. A. Effect of supplemental sodium bicarbonate on nutrient digestibilities and ruminal pH measured continuously. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 62, p. 226-234, 1986.

LEAL, M. L. R.; MARUTA, C. A.; ORTOLANI, E. L. Uso de bicarbonato e lactato-L para correção da acidose metabólica sistêmica em bovinos com acidose láctica ruminal aguda. **Arquivo Brasileiro Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 59, n. 4, p. 971-976, ago. 2007.

LEE, R. E. **Phycology**. 3rd ed. Cambridge: Cambridge University, 1999. 614 p.

MARDEN, J. P. et al. How does live yeast differ from sodium bicarbonate to stabilize ruminal pH in high-yielding dairy cows? **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 91, n. 9, p. 3528-3535, Sept. 2008.

MELO, T. V.; MOURA, A. M. A. Utilização da farinha de algas calcáreas na alimentação animal. **Archivos de Zootecnia**, Cordoba, v. 58, n. 221, p. 99-107, marzo 2009.

MILLIMAN, J. D.; AMARAL, C. A. B. Economic potential of Brazilian continental margin sediments. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28., 1974, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: CBG, 1974. p. 335-344.

MONTAÑEZ-VALDEZ, O. D. et al. Effect of two buffers on nutrient digestibilities and ruminal fermentation in Holstein steers. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 90, n. 1, p. 549, 2007. Supplement.

MORGANTE, M. et al. Blood gas analyses, ruminal and blood pH, urine and faecal pH in dairy cows during subacute ruminal acidosis. **Comparative Clinical Pathology**, New York, v. 18, n. 3, p. 229-232, Aug. 2009.

MURRAY, R. K. et al. **Harper: bioquímica**. 9. ed. São Paulo: Atheneu, 2002. 917 p.

NASCIMENTO, F. S. do; FREIRE, G. S. S.; MIOLA, B. Geochemistry of marine sediments of the Brazilian northeastern continental shelf. **Brazilian Journal of Oceanography**, São Paulo, v. 58, n. 1, p. 1-11, Feb. 2010.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7th ed. Washington: National Academy of Sciences, 2001. 408 p.

NUSSIO, C. M. B. et al. Avaliação da inclusão de diferentes aditivos em concentrados para vacas em lactação mantidas em pastagens de capim Tanzânia. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: UFMS, 2004. p. 1-5.

ORSINE, G. F. et al. Efeito da fonte de cálcio (calcário vs Lithothamnium) na digestibilidade de capim *Brachiaria decumbens* Staph cv BASILISKI. **Anais da Escola de Agronomia e Veterinária**, Goiânia, v. 1, n. 1, p. 49-58, 1989.

PEREIRA, M. N. et al. Partial replacement of forage with nonforage fiber sources in lactating cow diets: I., performance and health. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 82, n. 12, p. 2716-2730, Dec. 1999.

QUINTERO, P. et al. Impact of oxygen availability on body weight management. **Medical Hypotheses**, New York, v. 74, n. 5, p. 901-907, May 2010.

RADOSTITS, O. M.; BLOOD, D. C.; GAY, C. C. **Veterinary medicine**. 8th ed. London: Billie Tindall, 1995. 1763 p.

ROCHE, J. R.; PETCH, S.; KAY, J. K. Manipulating the dietary cation-anion difference via drenching to early-lactation dairy cows grazing pasture. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 88, n. 1, p. 264-276, Jan. 2005.

ROSS, J. G.; SPEARS, J. W.; GARLICH, J. D. Dietary electrolyte balance effects on performance and metabolic characteristics in finishing steers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 72, n. 6, p. 1600-1607, June 1994.

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

SCHNEIDER, P. L. et al. Influence of dietary sodium and potassium bicarbonato and total potassium on heat-stressed lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 67, p. 2546-2553, 1984.

SEMENZA, G. Signal transduction to hypoxia-inducible factor 1. **Biochemical Pharmacology**, New York, v. 64, n. 5/6, p. 993-998, Sept. 2002.

SNYDER, E. M. et al. Overnight hypoxic exposure and glucagon-like peptide-1 and leptin levels in humans. **Applied Physiology, Nutrition and Metabolism**, Ottawa, v. 33, n. 5, p. 929-935, Oct. 2008.

SOARES, C. M. **Estudo químico da alga *Lithothamnium calcareum* e avaliação da atividade inibitória do rolamento de leucócitos**. 2009. 102 p. Dissertação (Mestrado em Farmácia) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

SOLORZANO, L. C. et al. Effects of Rumen-Mate on lactational performance of Holsteins fed a high grain diet. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 72, n. 7, p. 1831-1841, July 1989a.

_____. Effects of sodium bicarbonate or sodium sesquicarbonate. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 72, n. 1, p. 453-461, Jan. 1989b.

STEWART, P. A. Modern quantitative acid-base chemistry. **Canadian Journal of Physiology and Pharmacology**, Ottawa, v. 61, p. 1444-1461, 1983.

TUCKER, W. B. et al. Natural sodium sesquicarbonate fed for an entire lactation: influence on performance and acid-base status of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 77, n. 10, p. 3111-3117, Oct. 1994.

TUCKER, W. B.; HARRISON, G. A.; HEMKEN, R. W. Influence of dietary catio-anion balance on milk, blood, urine and rumen fluid in lactating dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 71, p. 346-354, 1988.

WANG, B.; WOOD, I. S.; TRAYHURN, P. Hypoxia induces leptin gene expression and secretion in human preadipocytes: differential effects of hypoxia on adipokine expression by preadipocytes. **Journal of Endocrinology**, Bristol, v. 198, n. 1, p. 127-134, July 2008.

WEST, J. W. et al. Dietary catio-anion balance and cation source effects on production and acid-base status of heat-stressed cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 75, n. 10, p. 2776-2786, Oct. 1992.

_____. Effects of potassium carbonate and sodium bicarbonate on rumen function in lactating Holstein cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 70, p. 81-90, 1987.

WEST, J. W.; MULLINIX, B. G.; SANDIFER, T. G. Changing dietary electrolyte balance for dairy cows in cool and hot environments. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 74, n. 5, p. 1662-1674, May 1991.

WILDMAN, E. E. et al. A dairy cow body condition scoring system and its relationship to selected production characteristics. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 65, p. 495-501, 1982.