

**REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL**

***Presidente da República***

*Fernando Henrique Cardoso*

**MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO**

***Ministro***

*Arlindo Porto Neto*

**EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA**

***Diretor-Presidente***

*Alberto Duque Portugal*

***Diretores Executivos***

*Dante Daniel Giacomelli Scolari*  
*Elza Ângela Battaglia Brito da Cunha*  
*José Roberto Rodrigues Peres*

***Centro de Pesquisa de Pecuária do Sudeste - CPPSE - São Carlos - SP***

***Chefe Geral***

*Aliomar Gabriel da Silva*

***Chefe Adjunto de Pesquisa & Desenvolvimento***

*Edison Beno Pott*

***Chefe Adjunto Administrativo***

*Rodolfo Godoy*

***Chefe Adjunto de Apoio Técnico***

*Rymer Ramiz Tullio*

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa  
Centro de Pesquisa de Pecuária do Sudeste - CPPSE*

*Circular Técnica Nº 13*

*ISSN 1413-4098*

*Janeiro, 1998*

---



## *Utilização de Enxofre na Dieta de Bovinos*

*Armando de A. Rodrigues*

*Geraldo M. da Cruz  
Sérgio N. Esteves*

*São Carlos*

*1 9 9 8*

**EMBRAPA- Centro de Pesquisa de Pecuária do Sudeste - Circular Técnica, N° 13**

*Exemplares desta publicação podem ser solicitados ao:*

*Centro de Pesquisa de Pecuária do Sudeste - CPPSE*

*Rod. Washington Luiz, km 234*

*Caixa Postal 339*

*Telefone (016) 261.5611 Fax (016) 261.5754*

*13560-970 São Carlos, SP*

*E-mail: ads@cnpse.embrapa.br*

*Tiragem desta edição: exemplares*

*Comitê de Publicações:*

*Presidente: Edison Beno Pott*

*Membros: André Luiz Monteiro Novo*

*Armando de Andrade Rodrigues*

*Carlos Roberto de Souza Paino*

*Sonia Borges de Alencar*

*RODRIGUES, A. de A. ed. Utilização de Enxofre na Dieta de Bovinos: EMBRAPA-CPPSE, 1998. 27p. (EMBRAPA-CPPSE. Circular Técnica, 13).*

*1. Bovino - Nutrição - Enxofre. 2. Bovino - Produção Animal - Enxofre. I. CRUZ, G.M. da, colab. II. ESTEVES, S.N., colab. III. EMBRAPA. Centro de Pesquisa de Pecuária do Sudeste. IV. Título. V. Série.*

*CDD: 636.085*

*©EMBRAPA-1998*

## Sumário

	Pág.
<i>Introdução</i> . . . . .	05
<i>Absorção de enxofre no rúmen</i> . . . . .	06
<i>Reciclagem do enxofre</i> . . . . .	07
<i>Relação N:S na dieta de bovinos</i> . . . . .	07
<i>Utilização de forragens tropicais deficientes em enxofre</i> . . . . .	08
<i>Efeito do enxofre em dietas contendo uréia</i> . . . . .	09
<i>Inter-relação do enxofre com outros minerais</i> . . . . .	09
<i>Disponibilidade de enxofre em diferentes fontes</i> . . . . .	10
<i>Sinais de deficiência e requerimentos de enxofre</i> . . . . .	11
<i>Toxidez do enxofre</i> . . . . .	12
<i>Principais condições em que é necessária a suplementação com enxofre</i> . . . . .	13
<i>Conteúdo e análise de enxofre em solos e forrageiras</i> . . . . .	13
<i>Resposta à suplementação com enxofre em bovinos</i> . . . . .	14
<i>Resposta ao nível de rúmen</i> . . . . .	14
<i>Resposta em retenção de nutrientes</i> . . . . .	16
<i>Resposta em consumo de matéria seca</i> . . . . .	16
<i>Resposta em produção de leite</i> . . . . .	17
<i>Resposta em ganho de peso</i> . . . . .	18
<i>Conclusões</i> . . . . .	18
<i>Referências Bibliográficas</i> . . . . .	19

# UTILIZAÇÃO DE ENXOFRE NA DIETA DE BOVINOS

Armando de A. Rodrigues<sup>1</sup>

Geraldo M. da Cruz<sup>1</sup>

Sérgio N. Esteves<sup>1</sup>

## INTRODUÇÃO

*Problemas de deficiência de enxofre na alimentação de bovinos têm sido identificados em vários países, incluindo o Brasil (FICK et al., 1976; McDOWELL, 1985).*

*O enxofre é um componente essencial das proteínas em vegetais e animais e seu teor está diretamente relacionado com o teor de proteína dos alimentos. Ele é bem conhecido como componente dos aminoácidos metionina e cistina, e também ocorre nos tecidos animais em várias formas de sulfato.*

*As funções corporais que envolvem enxofre são: a) síntese e metabolismo de proteínas; b) metabolismo de carboidratos e lipídeos, c) coagulação do sangue, d) função endócrina; e e) balanço ácido-base do fluido intra e extracelular. O enxofre faz parte ainda do colágeno e da hemoglobina, entre outros compostos importantes.*

*As dietas deficientes em enxofre conduzem à redução da síntese de proteína microbiana, provocando subnutrição protéica, afetando o consumo de alimentos e, conseqüentemente, o ganho de peso e a produção de leite (NRC, 1988).*

---

<sup>1</sup> Pesquisador da Embrapa, Centro de Pesquisa de Pecuária do Sudeste-CPPSE, Caixa Postal 339, CEP 13560-970, São Carlos, SP.

## ABSORÇÃO DE ENXOFRE NO RÚMEN

*Em bovinos, a necessidade de enxofre está diretamente relacionada com a atividade dos microrganismos no rúmen, que transformam o enxofre inorgânico em aminoácidos que contêm enxofre, incorporando-os à proteína microbiana, que posteriormente será utilizada pelo animal (ARC, 1988). Nisto contrastam com os não-ruminantes, os quais devem ter o seu suprimento de enxofre na forma orgânica.*

*Um importante intermediário no metabolismo do enxofre inorgânico, no rúmen, é o sulfeto. ANDERSON (1956) propôs a redução microbiana do sulfato a sulfeto, conforme o seguinte esquema:  $SO_4^{-2} <-----> SO_3^{-2} <----> S^{-2}$ , sendo que a taxa de produção de sulfeto é rápida (BIRD & MOIR, 1971). O pH ótimo para redução do sulfato é 6,5, mas a taxa de redução não é sensível a mudanças no pH. Entretanto, a utilização do enxofre na dieta depende não somente da quantidade e da natureza do enxofre disponível, mas também da taxa de produção de sulfeto e da absorção de sulfeto pelos microrganismos do rúmen (MOIR et al., 1967).*

*BRAY (1969) mostrou, com a utilização de enxofre marcado radioativamente, que havia muito pouca absorção na forma de sulfato, mas que a absorção na forma de sulfeto era muito rápida. A quantidade de sulfeto no rúmen é geralmente muito pequena, devido à rápida taxa de absorção, sendo que esta taxa depende da concentração de sulfeto e do pH ruminal (BRAY & TILL, 1975).*

*As concentrações mínimas de sulfeto no rúmen necessárias para obter máximo crescimento microbiano são muito pouco conhecidas. De modo semelhante ao que ocorre com o nitrogênio, para o qual no líquido ruminal tem sido recomendado a concentração de 50mg/l, na forma amoniacal, para o enxofre o nível mínimo sugerido é de 1 mg/l, na forma de sulfeto (BRAY & TILL, 1975).*

*A presença contínua de enxofre para fermentação no rúmen é muito importante. De modo semelhante ao que acontece com o fornecimento de uréia, a suplementação com enxofre, em uma única*

*vez ao dia, pode produzir um pico de sulfeto no rúmen, inibindo seu aproveitamento para síntese de proteína (PRESTON & LENG, 1987).*

### **RECICLAGEM DO ENXOFRE.**

*A reciclagem do enxofre do plasma para o rúmen é um fenômeno bem conhecido. A quantidade total de enxofre reciclada contribui com aproximadamente 7 mg de S/dia/kg de peso vivo. A taxa em que ocorre essa transferência está relacionada com as concentrações de sulfato no sangue e na saliva (KANDYLIS, 1983).*

*A passagem do sulfato para o trato pós-ruminal pode reduzir as quantidades disponíveis que reciclam para o rúmen, para serem incorporadas na matéria orgânica microbiana.*

*O enxofre pode ser excretado na urina como composto orgânico ou inorgânico. A excreção urinária de sulfato representa a principal fonte de perda de enxofre corporal. Variações no consumo de enxofre podem aumentar ou diminuir a excreção urinária. Por outro lado, a principal porção do enxofre fecal é orgânica (BIRD & HUME, 1971), presumivelmente oriunda de proteína bacteriana.*

*A excreção fecal de enxofre também aumenta com o seu consumo e está relacionada com o consumo de matéria orgânica digestível (KENNEDY, 1974).*

### **RELAÇÃO N:S NA DIETA DE BOVINOS**

*A relação nitrogênio para enxofre (N:S) tem sido utilizada como guia para verificar se a quantidade de enxofre na dieta está adequada. Assim, para a utilização eficiente dos alimentos pelos bovinos, uma relação entre 12:1 e 14:1 deve ser mantida na dieta (ARC, 1988; NRC, 1988). Estas relações têm sido consideradas adequadas para satisfazer as necessidades dos bovinos, entretanto, a utilização de relações N:S mais estreitas poderá, em alguns casos, conduzir a*

*melhorias substanciais na utilização do nitrogênio, reduzindo os níveis de amônia no rúmen e aumentando a retenção de nitrogênio (MOIR, 1970).*

#### *UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS TROPICAIS DEFICIENTES EM ENXOFRE*

*O conteúdo de enxofre na dieta dos bovinos deve variar de 0,16% a 0,25% na matéria seca (NRC, 1988), porém em muitos casos as forragens tropicais não satisfazem esse critério (RAYMENT et al., 1983). Isto se deve ao fato de os bovinos serem, geralmente, alimentados com forragens em estágio avançado de maturidade e com baixo teor de proteína (SIEBERT & VIJCHULATA, 1983). Outro aspecto é que grandes áreas de pastagens estão localizadas em solos pobres em matéria orgânica, de constituição física predominantemente arenosa e apresentando baixos teores de enxofre (WERNER & MONTEIRO, 1988).*

*TISDALE (1977) menciona que onde os solos são pobres em enxofre, além das respostas no aumento de produção devido à adubação com enxofre, ocorrem melhorias na qualidade, digestibilidade e consumo de forragens, com conseqüente aumento do desempenho dos ruminantes. Este autor relaciona os seguintes pontos em que a qualidade da forragem é melhorada: a) aumento da concentração de proteína de gramíneas e leguminosas; b) decréscimo na relação N:S; c) decréscimo na concentração de nitrato e de nitrogênio não-protéico das gramíneas; e d) melhoria na qualidade da proteína.*

*Trabalhos que também mostram efeito de adubação no aumento da digestibilidade e melhoria do valor nutritivo, pela eliminação da deficiência de enxofre na dieta do animal, foram realizados por REES et al. (1974) e REES & MINSON (1978). Se a pretensão for atingir relação N:S ótima na forragem para atender as exigências do animal, deve-se adubar a forragem com quantidade de enxofre maior do que a necessária para o crescimento ótimo da planta forrageira (TISDALE, 1977). A suplementação de dietas deficientes em nitrogênio com enxofre não trará resultado se não houver a*



*correção simultânea da deficiência de nitrogênio (SIEBERT & VIJCHULATA, 1983).*

### **EFEITO DO ENXOFRE EM DIETAS CONTENDO URÉIA**

*Ao contrário dos suplementos protéicos, a uréia não contém enxofre, o qual é naturalmente requerido pelos microrganismos do rúmen para síntese de aminoácidos sulfurados.*

*Quando as dietas são ricas em alimentos volumosos, deve-se ter cuidados especiais para utilização eficiente do nitrogênio não-protéico, pois os volumosos de modo geral são pobres em compostos sulfurados, indispensáveis à síntese de proteína microbiana (SILVA, 1984). Respostas positivas no crescimento devido à suplementação com enxofre foram obtidas em novilhas alimentadas com forragens contendo baixo nível de enxofre e corrigidas com uréia (HUBER, 1984).*

*A utilização crescente de uréia como fonte de nitrogênio suplementar na dieta de bovinos resulta em aumento da possibilidade de ocorrência de quadros carênciais de enxofre (RODRIGUES, 1985; CAMPOS & RODRIGUES, 1985). Além disso, o uso de silagem de milho com uréia como principal ingrediente da dieta pode ocasionar deficiência de enxofre, uma vez que tal alimento apresenta teores de S entre 0,05 e 0,10% na matéria seca (NRC, 1988).*

### **INTER-RELAÇÃO DO ENXOFRE COM OUTROS MINERAIS**

*Existem inter-relações metabólicas entre sulfato, molibdênio e cobre. A formação de complexos de  $\text{CuMoSO}_4$  (tiomolibdatos) insolúveis foi proposta por DICK et al. (1975). Das formas de tiomolibdatos, o tetratiomolibdato é o mais potente antagonista do cobre e esta forma predomina no rúmen durante a alimentação com níveis excessivos de enxofre e molibdênio.*

*Os experimentos realizados por GOONERATNE et al. (1987, 1988 e 1994) com diferentes níveis de enxofre, cobre e molibdênio mostraram que o mecanismo pelo qual níveis elevados de enxofre e molibdênio induzem a hipocuprose em bovinos é pelo aumento da excreção biliar de cobre.*

*GOONERATNE et al. (1994) comentam que a excreção biliar de cobre em bovinos é muito maior do que em ovinos recebendo dietas contendo níveis similares de enxofre e molibdênio. Isto mostra que os bovinos são muito mais suscetíveis à deficiência de cobre induzida por níveis elevados de enxofre e molibdênio do que os ovinos.*

*O consumo de enxofre, molibdênio ou selênio em excesso pode alterar as exigências de cada um dos outros (VANDERVEEN & KEENER, 1964).*

*Na América do Sul, a interação do enxofre com o cobre acarretando hipocuprose tem sido observada na Argentina (MATTIOLI et al., 1996), especialmente durante o período de primavera-verão, quando a forragem tem maior conteúdo de enxofre.*

*Por outro lado, experimentos "in vitro" e "in vivo" com novilhos mostraram que o enxofre atenua, de certa forma, a redução da digestão da celulose, causada pelo excesso de cobre (EVANS & DAVIS, 1966).*

*A inter-relação entre enxofre e selênio é devida em parte ao fato de que estes elementos apresentam estruturas semelhantes. O selênio pode substituir o enxofre em alguns compostos orgânicos, mas a atividade dos compostos contendo selênio é menor do que a atividade dos compostos contendo enxofre. O enxofre tem sido utilizado para neutralizar o efeito do selênio, quando este é fornecido em concentrações tóxicas (McDOWELL, 1985).*

## **DISPONIBILIDADE DE ENXOFRE EM DIFERENTES FONTES**

*Além dos alimentos ricos em proteína, que são fontes naturais de enxofre, o sulfato de amônio, o sulfato de cálcio e o sulfato de sódio são fontes eficientes para satisfazer as necessidades de enxofre dos bovinos.*

*O enxofre elementar conhecido vulgarmente como flor de enxofre ou enxofre ventilado pode ser utilizado, porém, a sua biodisponibilidade é menor do que a das outras fontes (NRC, 1988).*

*BOUCHARD & CONRAD (1973) observaram que a disponibilidade do enxofre no melaço era de 65 a 75% para vacas leiteiras. Isto corresponde a 15 a 20% menos do que a disponibilidade do enxofre nos sulfatos de cálcio e de sódio.*

### *SINAIS DE DEFICIÊNCIA E REQUERIMENTOS DE ENXOFRE*

*Os sinais de deficiência de enxofre são anorexia, perda de peso, fraqueza e lacrimejação. Em dieta deficiente em enxofre, a síntese de proteína microbiana é reduzida e o animal mostra sinal de nutrição protéica inadequada. A falta de enxofre resulta em população microbiana que não utiliza o lactato, acarretando em acúmulo do mesmo no rúmen, no sangue e na urina (McDOWELL, 1985; NRC, 1996).*

*O requerimento de enxofre para digestão da celulose é maior do que para a digestão do amido. Segundo McDOWELL (1985), os requerimentos têm sido determinados utilizando dietas contendo alto conteúdo de amido, resultando em recomendação de requerimentos baixos de enxofre. Assim, a recomendação do NRC (1996) para gado de corte é de 0,15%, embora o mesmo reconheça que os requerimentos não estão bem definidos. Baseado no mesmo tipo de dieta, ou seja, contendo alto nível de amido, a recomendação para gado de leite é de 0,2% (NRC, 1988). Segundo McDOWELL (1985), os ruminantes em pastejo que estão consumindo dietas altas em celulose requerem 0,2% ou mais na dieta.*

## TOXIDEZ DO ENXOFRE

*Nos países não industrializados a intoxicação por enxofre é rara, exceto quando altos níveis de enxofre são fornecidos na dieta. Entretanto, em países industrializados, o consumo de pastagens altamente contaminadas por efluentes industriais pode provocar intoxicação por enxofre (KANDYLIS, 1984).*

*O efeito principal de pequeno excesso de enxofre na dieta é a redução do consumo (PRESTON & LENG, 1987). Altos níveis de enxofre conduzem à geração de grandes quantidades do gás sulfeto de hidrogênio que, quando eructado, entra no pulmão e causa severo estresse nervoso e respiratório. Diminuição da motilidade ruminal também foi observada quando se utilizaram altos níveis de enxofre (DOUGHERTY et al., 1965).*

*Grande quantidade de enxofre na dieta é prejudicial aos microrganismos celulolíticos no rúmen e reduz a digestão da fibra (HUBBERT et al., 1958). A adição de 9,8 gramas de enxofre sublimado por quilograma na dieta reduziu marcadamente o consumo e resultou em perda de peso em novilhos alimentados com altos níveis de concentrado (RUMSEY, 1978). A intoxicação por enxofre foi detectada também em novilhas que consumiram milho misturado com enxofre (JULIAN & HARRISON, 1975). O nível máximo tolerável é de 0,4% na matéria seca (NRC, 1988).*

*A polioencefalomalacia pode ser induzida por dietas com alto nível de enxofre. Em dietas de confinamento com melaço e uréia, a ocorrência de polioencefalomalacia está associada ao enxofre, pois o melaço é geralmente alto em enxofre.*

*As investigações de polioencefalomalacia associada ao enxofre demonstraram que o aparecimento de sintomas clínicos coincide com a produção excessiva de sulfeto ruminal (GOULD, 1998).*

## PRINCIPAIS CONDIÇÕES EM QUE É NECESSÁRIA A SUPLEMENTAÇÃO COM ENXOFRE

*As principais condições nas quais a suplementação com enxofre é necessária para satisfazer as exigências dos bovinos são: a) quando os bovinos são suplementados com nitrogênio não-protéico; b) quando são alimentados com forragens com baixo teor de proteína; c) quando são mantidos em pastagens deficientes em enxofre e adubadas com nitrogênio; d) em dietas à base de silagem de milho ou cana-de-açúcar com uréia; e e) quando os animais pastejam sorgo. Com relação ao sorgo forrageiro, uma deficiência marginal de enxofre pode ser acentuada pela necessidade adicional de enxofre para neutralizar o ácido cianídrico que é liberado após a digestão (WHEELER, 1980).*

### CONTEÚDO E ANÁLISE DE ENXOFRE EM SOLOS E FORRAGEIRAS

*Foi verificado por meio de quantidade limitada de análises que o conteúdo de enxofre de muitas forrageiras tropicais era menor do que a concentração ótima de 0,2% (McDOWELL, 1985). Em levantamento da composição mineral de forrageiras do Estado de São Paulo, GALLO et al. (1974) observaram, em 249 amostras, que 33% das espécies analisadas apresentaram teores de enxofre abaixo de 0,1%. Em pastagens nativas do Rio Grande do Sul foram observados valores baixos de enxofre em várias regiões, atingindo nível mínimo de 0,03% (CAVALHEIRO & TRINDADE, 1992). Análises de enxofre em forrageiras das pastagens das planícies da Colômbia e Venezuela apresentaram baixos conteúdos, variando de 0,03 a 0,08%. Nestas regiões, segundo McDOWELL (1985), a severa lixiviação dos solos e queimadas freqüentes das pastagens levam à suposição de que muitas ou talvez a maioria das forrageiras de pastagens nestas regiões sejam deficientes em enxofre.*

*McCLUNG et al., citados por VITTI (1989) verificaram que os solos do planalto central brasileiro são deficientes em enxofre e observaram em*

*condições de queimada que 75% do enxofre contido na matéria seca das gramíneas se perdia por volatilização e que o enxofre remanescente era facilmente passível de lixiviação.*

*VITTI (1989) conclui que a ocorrência de deficiência de enxofre tende a aumentar cada vez mais, devido principalmente à utilização de adubos concentrados em macronutrientes primários e às práticas que tendem a diminuir a disponibilidade do enxofre, tais como calagem, fosfatagem e queimadas.*

*Até recentemente a análise de enxofre era comparativamente difícil. Por esta razão havia escassez de análises de enxofre em forragens tropicais (McDOWELL, 1985), o mesmo podendo ser notado nos trabalhos publicados sobre composição mineral das forrageiras em nossas condições (GOMIDE, 1976; DAYRELL, 1986). Atualmente, com a disponibilidade de métodos mais simples e precisos, como por exemplo o desenvolvido por VITTI et al. (1989) e em utilização pela UNESP/FCAV/Jaboticabal, USP/ESALQ/Piracicaba e EMBRAPA/ CPPSE/São Carlos, deverá haver num futuro breve trabalhos publicados sobre conteúdo de enxofre de nossas forrageiras utilizadas sob pastejo.*

## **RESPOSTA À SUPLEMENTAÇÃO COM ENXOFRE EM BOVINOS**

*As variáveis de resposta à suplementação com enxofre que têm sido medidas podem ser agrupadas em quatro classes: a) resposta ao nível de rúmen; b) resposta em consumo de alimentos; c) resposta em retenção (balanço de nutrientes); e e) resposta em desempenho (produção de leite e ganho de peso).*

### **Resposta ao nível de rúmen**

*A resposta ao nível de rúmen provavelmente está associada ao aumento do número de microrganismos. A suplementação de feno*

de gramínea tropical com enxofre para aumentar o conteúdo de 0,04 para 0,07% aumentou o total de bactérias, protozoários e fungos anaeróbicos no rúmen (MORRISON et al., 1990).

Aumento na digestibilidade da celulose foi verificado por RODRIGUES et al. (1992 b), quando utilizaram sulfato de cálcio como fonte de enxofre para obter uma relação N:S de 16:1, em dieta à base de cana-de-açúcar e uréia. Os dados obtidos por BARTON et al. (1971) e SPEARS et al. (1978) mostram claramente a influência do conteúdo de enxofre da ração na digestibilidade das frações fibrosas, conforme pode ser verificado nas tabelas 1 e 2.

Tabela 1. Influência da suplementação com enxofre na forma de  $Na_2SO_4$  na digestibilidade "in vitro" das frações fibrosas.

<i>Dieta</i>	<i>Enxofre (%)</i>	<i>Componente</i>	<i>Digestibilidade (%)</i>
<i>Purificada</i>	0,08	<i>celulose</i>	37
	0,13	<i>celulose</i>	56
	0,18	<i>celulose</i>	73
	0,23	<i>celulose</i>	82
	0,33	<i>celulose</i>	83
<i>Milho (planta inteira)</i>	0,07	<i>ADF*</i>	44
	0,12	<i>ADF</i>	47
	0,17	<i>ADF</i>	52
	0,23	<i>ADF</i>	54

Fonte: BARTON et al. (1971).

\*ADF- Fibra em detergente ácido.

*Tabela 2. Influência da adição de enxofre na digestão da fibra em ovinos alimentados com Festuca arundinacea.*

<i>Dieta</i>	<i>Enxofre(%)</i>	<i>Digestibilidade</i>	
		<i>NDF*</i>	<i>ADF***</i>
<i>Controle</i>	<i>0,20</i>	<i>56</i>	<i>52</i>
<i>Enxofre elementar</i>	<i>0,25</i>	<i>60</i>	<i>55</i>
<i>Enxofre elementar</i>	<i>0,35</i>	<i>62</i>	<i>57</i>

*Fonte: SPEARS et al. (1978).*

*\*NDF- Fibra em detergente neutro.*

*\*\* ADF - Fibra em detergente ácido.*

### ***Resposta em retenção de nutrientes***

*Em bovinos recebendo dietas contendo uréia têm sido observado aumento na retenção de nitrogênio devido a suplementação com fonte de enxofre (KENNEDY & SIEBERT, 1972; BIRD, 1974). Em estudos com vacas em lactação a resposta têm sido variável. Isto pode estar relacionado ao fato de que em alguns estudos a relação ótima de nitrogênio para enxofre (N:S) não foi mantida. Geralmente, dietas suprindo mais enxofre resultam em maior retenção de nitrogênio e enxofre, do que dietas com baixo conteúdo de enxofre. Entretanto, doses elevadas de enxofre podem reduzir a retenção de nitrogênio (DOYLE & BIRD 1975).*

### ***Resposta em consumo de matéria seca***

*Aumentos significativos no consumo de forragem por bovinos devido à suplementação com uréia e sulfato de sódio foram verificados por SIEBERT & KENNEDY (1972) e HUNTER & SIEBERT (1980). A resposta, em termos de consumo, à suplementação com enxofre, depende do teor protéico da*



*forrageira, bem como da raça do animal.*

*HUNTER & SIEBERT (1985), trabalhando com fenos de pangola (Digitaria decumbens) com diferentes teores protéicos, suplementados com uréia e enxofre, verificaram que com o feno de menor teor protéico houve aumento no consumo tanto para novilhos Hereford quanto para novilhos Brahman, com a resposta sendo maior nos novilhos Hereford (42%) do que nos novilhos Brahman (15%). Por outro lado, quando utilizaram feno com teor de proteína um pouco maior, porém de conteúdo ainda considerado baixo (1,2% de N), houve aumento no consumo, mas sem diferença significativa entre as raças.*

### ***Resposta em produção de leite***

*Trabalho realizado por JACOBSON et al. (1967) mostrou que a concentração de enxofre em rações baseadas em silagem de milho suplementadas com uréia era de aproximadamente 0,1% e que o incremento no conteúdo de enxofre do concentrado de 0,10 para 0,18% aumentava a produção de leite nas nove semanas do experimento. A diferença na última semana foi de 14,9 para 11,2 kg de leite.*

*BOUCHARD & CONRAD (1973) também verificaram aumento na produção de leite devido à suplementação com enxofre, conforme pode ser verificado na tabela 3.*

***Tabela 3. Efeito do enxofre sobre a produção de leite.***

<i>Fonte de enxofre</i>	<i>S (%)</i>	<i>Leite (kg)</i>
<i>Dieta basal (-S)</i>	<i>0,06</i>	<i>17,5</i>
<i>Sulfato</i>	<i>0,18</i>	<i>19,9</i>
<i>Sulfato</i>	<i>0,24</i>	<i>20,3</i>

*Fonte: BOUCHARD & CONRAD (1973)*

## ***Resposta em ganho de peso***

*KAHLON et al. (1975), trabalhando com dietas contendo uréia e várias fontes de enxofre, verificaram que a inclusão do sulfato de cálcio promoveu aumentos significativos no ganho de peso quando comparada com a dieta controle. Aumento no ganho de peso foi verificado por FERREIRO et al. (1977), quando adicionaram 0,1% de sulfato de amônio como fonte de enxofre a uma dieta à base de cana-de-açúcar, uréia e 0,5 kg de farelo de arroz. Os ganhos de peso foram respectivamente de 0,41 e 0,55 kg por animal por dia para os tratamentos sem e com sulfato de amônio. Resultados semelhantes, mostrando aumento no ganho de peso devido à suplementação com enxofre, na forma de sulfato de cálcio, de 0,52 para 0,65 kg por novilha por dia e de 0,68 para 0,83 kg por novilho por dia foram obtidos respectivamente por RODRIGUES et al. (1992a e 1994), em dieta à base de cana-de-açúcar, uréia e 1,0 kg de farelo de algodão.*

*A suplementação com enxofre aumentou o ganho de peso em novilhos alimentados com dietas à base de silagem de milho e grão de milho moído com uréia contendo 0,10 e 0,11% de enxofre (HILL, 1985), bem como o ganho de peso de novilhos pastejando sorgo contendo 0,08 a 0,12% de enxofre (ARCHER & WHEELER, 1978).*

## **CONCLUSÕES**

*Por meio dos microrganismos existentes no rúmen, os bovinos são capazes de converter formas inorgânicas de enxofre em formas orgânicas, que podem ser absorvidas. Em dietas com baixo conteúdo de enxofre ou relações N:S muito amplas podem ocorrer limitações no suprimento de enxofre, afetando a produção de leite e o ganho de peso.*

*A suplementação com enxofre é necessária principalmente*

*quando os bovinos são alimentados com forragens de baixa qualidade, produzidas em solos deficientes em enxofre, ou quando são suplementadas com nitrogênio não-protéico, como a uréia.*

*A utilização de um nível adequado de enxofre aumenta a digestão da fibra, entretanto, níveis excessivos podem provocar intoxicação, sendo que o nível máximo tolerável é de 0,4% na matéria seca da dieta. Para bovinos em confinamento o nível recomendado é 0,15%, para vacas em lactação o nível recomendado é 0,2% e para animais mantidos em condições de pastagens ou cujo alimento principal são as forrageiras tropicais o nível recomendado é 0,2% ou mais.*

*A relação N:S tem sido utilizada como indicativo para se corrigir a deficiência de enxofre na dieta e a mesma deve ser de 12:1 a 14:1. Para bovinos alimentados com forragens com baixo teor protéico, é necessário corrigir, além do teor de nitrogênio, o teor de enxofre, porque existe deficiência de ambos os nutrientes.*

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

*AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL (A.R.C.). **The nutrient requirement of ruminant livestock.** London: Commonwealth Agricultural Bureaux, 1988. 351p.*

*ANDERSON, C.M. The metabolism of sulfur in the rumen of the sheep. **New Zealand Journal of Science and Technology**, v.37, p.379-394, 1956.*

*ARCHER, K.A.; WHEELER, J.L. Response by cattle grazing sorghum to salt-sulfur supplements. **Aust. Journal Experimental Agriculture and Animal Husbandry**, v.18, p.741-744, 1978.*

- BARTON, J.S.; BULL, L.S.; HENKEN, R.W. *Effects of various levels of sulfur upon cellulose digestion in purified diets and lignocellulose digestion in corn fodder pellets "in vitro".* **Journal of Animal Science**, v.33, p.682, 1971.
- BIRD, P.R. *Sulphur metabolism and excretion studies in ruminants. XIII. Intake and utilization of wheat straw by sheep and cattle.* **Australian Journal Agricultural Research**, v.25, p.631-642, 1974.
- BIRD, P.R.; HUME, I.D. *Sulphur metabolism and excretion studies in ruminants. IV Cystine and sulphate effects upon the flow of sulphur from the rumen and upon sulphur excretion by sheep.* **Australian Journal Agricultural Research**, v.22, p.443-452, 1971.
- BIRD, P.R.; MOIR, R.J. *Sulphur metabolism and excretion studies in ruminants. I. The absorption of sulphate in sheep after intraruminal or intraduodenal infusions of sodium sulphate.* **Australian Journal of Biological Science**, v.24, p.1319-1328, 1971.
- BOUCHARD, R.; CONRAD, H.R. *Sulfur requirement of lactating dairy cows. I. Sulfur balance and dietary supplementation.* **Journal of Dairy Science**, v.56, p. 1276-1282, 1973.
- BRAY, A.C. *Sulphur metabolism in sheep. II. The absorption of inorganic sulphate and inorganic sulphide from the sheep's rumen.* **Australian Journal Agricultural Research**, v.20, p. 739-748, 1969.
- BRAY, A.C.; TILL, A.R. *Metabolism of sulphur in the gastrointestinal tract.* In: McDONALD, I.W.; WARNER, A.C.I., eds. **Digestion and Metabolism of the Ruminant.** Armidale : University of New England Publishing, 1975. p.243-260.

- CAMPOS, O.F.; RODRIGUES, A. de A. **Uréia para bovinos em crescimento**. Coronel Pacheco, MG: EMBRAPA-CNPGL, 1985. 42p. (EMBRAPA-CNPGL. Documentos, 21).
- CAVALHEIRO, A.C.L.; TRINDADE, D.S. **Os minerais para bovinos e ovinos criados em pastejo**. Porto Alegre: Sagra-DC Luzzatto, 1992. p. 80-82.
- DAYRELL, M. S. **Teores de minerais nos tecidos animal, plantas e solos do Brasil**. Coronel Pacheco, MG: EMBRAPA-CNPGL, 1986. 37p. (EMBRAPA-CNPGL. Documentos, 24).
- DICK, A.T., DEWEY, D.W.; GAWTHORNE, J.M. Thiomolybdates and the copper molybdenum-sulphur interaction in ruminant nutrition. **Journal of Agricultural Science**, v.85, p.567-568, 1975.
- DOUGHERTY, R.W., MULLENAX, C.H.; ALLISON, M.J. Physiological phenomena associated with eructation in ruminants. In: DOUGHERTY, R.W., ed. **Physiology of Digestion in the Ruminant**. Washington: Butterworth, 1965. p.159-170.
- DOYLE, P.T.; BIRD, P.R. The influence of dietary supplements of DL-methionine on the growth rate of wool. **Australian Journal Agricultural Research**, v.26, p.337-342, 1975.
- EVANS, J.L.; DAVIS, G.K. Influence of sulphur, molybdenum, phosphorus and copper's interrelationships in cattle upon cellulose digestion "in vivo" and "in vitro". **Journal of Animal Science**, v.25, p.1014-1018, 1966.
- FICK, K.R.; MCDOWELL, L.R.; HOUSER, R.H.; SILVA, H.M. Atual situação da pesquisa de minerais na América Latina. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE PESQUISA EM NUTRIÇÃO MINERAL DE

- RUMINANTES EM PASTAGENS, 1976, Belo Horizonte. *Anais... Belo Horizonte, UFMG/UFV/ESAL/EPAMIG/Univ. da Flórida*, 1976. p. 293.
- FERREIRO, H.M.; PRESTON, T.R.; SUTHERLAND, T.M. Investigation of dietary limitations on sugar cane based diets. *Tropical Animal Production*, v.2, p.56-61, 1977.
- GOMIDE, J. A. Composição mineral de gramíneas e leguminosas forrageiras tropicais. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE PESQUISA EM NUTRIÇÃO MINERAL DE RUMINANTES EM PASTAGENS, 1976, Belo Horizonte. *Anais... Belo Horizonte: UFMG/UFV/ESAL/EPAMIG/Univ. da Flórida*, 1976. p.20-33.
- GOONERATNE, S.R.; BAILEY, J.V.; SYMONDS, H.W.; CHRISTENSEN, D.A. Effect of dietary Cu, Mo, and S levels on bile and urine Cu excretion in 2 breeds of cattle. *Canadian Journal of Animal Science*, v.67, p.1188, 1987.
- GOONERATNE, S.R.; CHRISTENSEN, D.A.; BAILEY, J.V.; SYMONDS, H.W. Influence of breed and dietary Cu, Mo and S levels on biliary Cu excretion in cattle. In: HURLEY, L.S.; KEEN, C.L.; LONNERDAL, B.; RUCKER, R.B., eds. *Trace elements in man and animals*. New York: Plenum Press, 1988. p. 313-315.
- GOONERATNE, S.R.; SYMONDS, H.W.; BAILEY, J.V.; CHRISTENSEN, D.A. Effects of dietary copper, molybdenum and sulfur on biliary copper and zinc excretion in Simmental and Angus cattle. *Canadian Journal of Animal Science*, v.74, p. 315-325, 1994.
- GOULD, D.H. Polioencephalomalacia. *Journal of Animal Science*, v.76, p.309-314, 1998.

- HILL, G.M. *The relationship between dietary sulfur and nitrogen metabolism in the ruminant. In: PROCEEDINGS OF THE GEORGIA NUTRITION CONFERENCE, 1985, Athens, Proceedings... Athens: University of Georgia, 1985. p. 37.*
- HUBBERT, F. Jr; CHENG, E.; BURROUGHS, W. *Mineral requirement of rumen micro-organisms for cellulose digestion in vitro. Journal of Animal Science, v.17, p.559-568, 1958.*
- HUBER, J.T. *Uréia ao nível do rúmen. In: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C.; FARIA, V.P., eds. SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS - URÉIA PARA RUMINANTES, 2. 1984, Piracicaba. Anais... Piracicaba: FEALQ, 1984. p.6-24.*
- HUNTER, R.A.; SIEBERT, B.D. *The utilization of spear grass (Heteropogon contortus). IV. The nature and flow of digesta in cattle fed on spear grass alone and with protein or nitrogen and sulfur. Australian Journal Agricultural Research, v.31, p.1037-1047, 1980.*
- HUNTER, R.A.; SIEBERT, B.D. *Utilization of low-quality roughage by Bos taurus and Bos indicus cattle. 2. The effect of rumen degradable nitrogen and sulphur on voluntary food intake and rumen characteristics. British Journal of Nutrition, v.53, p.649-656, 1985.*
- JACOBSON, D.R.; BARNETT, J.W.; CARR, S.B.; HATTON, R.H. *Voluntary feed intake, milk production, rumen content and plasma free aminoacid levels of lactating cows on low sulfur and sulfur supplemented diets. Journal of Dairy Science, v.50, p.1248-1254, 1967.*
- JULIAN, R.J.; HARRISON, K.B. *Sulphur toxicity in heifers. Canadian Veterinary Journal, v.16, p.28-34, 1975.*

- KAHLON, T.S.; MEISKE, J.C.; GOODRICH, R.D. Sulfur metabolism in ruminants. II. In vivo availability of various chemical forms of sulfur. *Journal of Animal Science*, v.41, p.1154-1159, 1975.
- KANDYLIS, K. Transfer of plasma sulfate from blood to rumen. A review. *Journal of Dairy Science*, v.66, p.2263-2270, 1983.
- KANDYLIS, K. Toxicology of sulfur in ruminants: Review. *Journal of Dairy Science*, v.67, p.2179-2187, 1984.
- KENNEDY, P.M. The utilization and excretion of sulphur in cattle fed tropical roughages. *Australian Journal Agricultural Research*, v.25, p.1015-1022, 1974.
- KENNEDY, P.M.; SIEBERT, B.D. The utilization of spear grass (*Heteropogon contortus*). II. The influence of sulphur on energy intake and rumen and blood parameters in cattle and sheep. *Australian Journal Agricultural Research*, v.23, p.45-56, 1972.
- MATTIOLI, G.A.; RAMIREZ, C.E.; GIULIODORI, C.M.; TITTARELLI, C.M.; YANO, H.; MATSUI, T. Characterization of cattle copper deficiency in the Magdalena district. *Livestock Production Science*, v.47, p.7-10, 1996.
- McDOWELL, L. R. *Nutrition of grazing ruminants in warm climates*. Orlando, Florida: Academic Press, 1985. p.251-255.
- MOIR, R.J. Implications of the N:S ratio and differential recycling. In: MUTH, O.H.; OLDFIELD, J.E. eds., *SYMPOSIUM: SULFUR IN NUTRITION*, 6., 1970, Westport. *Proceedings...* Westport: AVI Publishing, 1970. p.165-181.
- MOIR, R.J.; SOMERS, M.; BRAY, A.C. Utilization of dietary sulphur and nitrogen by ruminants. *Sulphur Institute Journal*, v.3, p.15-18, 1967.



- MORRISON, M.; MURRAY, R.M.; BONIFACE, A.N. *Nutrition metabolism and rumen microorganisms in sheep fed a poor-quality tropical grass hay supplemented with sulfate. Journal of Agricultural Science*, v.115, p.269-275, 1990.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (N.R.C.) *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*, 6. ed. Washington, DC: National Academy of Sciences, 1988. 157p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (N.R.C.) *Nutrient Requirements of Beef Cattle*, 7. ed. Washington, DC: National Academy of Sciences, 1996. p.60-61.
- PRESTON, T.R.; LENG, R.A. Sulphur nutrition of ruminants. In: PRESTON, T.R.; LENG, R.A., eds. *Matching ruminant production systems with available resources in the tropics and sub-tropics*. Armidale: Penambul Books, 1987. p.46-47.
- RAYMENT, G.E.; WALKER, B.; KASIKORN, P.K. Sulfur in the agriculture of northern Australia. In: BLAIR, G.J.; TILL, A.R., eds. *Sulfur in S.E. Asian and S. Pacific Agriculture*, Austrália, 1983. p.228-250.
- REES, M.C.; MINSON, D.J. Fertilizer sulphur as a factor affecting voluntary intake, digestibility and retention time of pangola grass (*Digitaria decumbens*) in sheep. *British Journal of Nutrition*, v.39, p.5-11, 1978.
- REES, M.C, MINSON, D.J.; SMITH, F.W. The effect of supplementary and fertilizer sulphur on voluntary intake, digestibility, retention time in the rumen and site of digestion of pangola grass in sheep. *Journal of Agricultural Science*, v.82, p.419-422, 1974.

- RODRIGUES, A. de A. **Uréia na alimentação de bezerros: Revisão.** Coronel Pacheco, MG: EMBRAPA-CNPGL, 1985. 23p. (EMBRAPA-CNPGL. Documentos, 15).
- RODRIGUES, A. de A.; TORRES, R.A.; ESTEVES, S.N. Efeito da suplementação com nitrogênio e enxofre no consumo e ganho de peso por novilhas alimentadas com cana-de-açúcar. **Ars Veterinária**, v.8, p.148-155, 1992a.
- RODRIGUES, A. de A.; TORRES, R.A.; CAMPOS, O. F.; AROEIRA, L.J.M. Uréia e sulfato de cálcio para bovinos alimentados com cana-de-açúcar. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.23, p. 585-594, 1994.
- RODRIGUES, A. de A.; VIEIRA, P.F.; TORRES, R.A.; SILVEIRA, M.I. Efeito da uréia e sulfato de cálcio na digestibilidade de cana-de-açúcar por ruminantes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.27, p.1421-1427, 1992b.
- RUMSEY, T.S. Effects of dietary sulphur addition and Synovex-S ear implants on feedlot steers fed an all-concentrate finishing diet. **Journal of Animal Science**, v.46, p. 463-477, 1978.
- SIEBERT, B.D.; KENNEDY, P.M. The utilization of spear grass (*Heteropogon contortus*). I. Factors limiting intake and utilization by cattle and sheep. **Australian Journal Agricultural Research**, v.23, p.35-44, 1972.
- SIEBERT, B.D.; VIJCHULATA, P. Sulfur in animal nutrition. In: BLAIR, G.J.; TILL, A.R., eds. **Sulfur in S.E. Asian and S. Pacific Agriculture**, Australia, 1983, p.87-96.

- SILVA, J.F.C. *Uréia como aditivo para alimentos volumosos. In: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C.; FARIA, V.P. SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS - URÉIA PARA RUMINANTES, 2., 1984, Piracicaba: ESALQ, 1984. p.80-118.*
- SPEARS, J.W.; ELY, D.G.; BUSH, L.P. *Influence of supplemental sulfur on in vitro and in vivo microbial fermentation of Kentucky-31 tall fescue. Journal of Animal Science, v.47, p.552-560, 1978.*
- TISDALE, S.L. *Sulphur in forage quality and ruminant nutrition. Washington: The Sulphur Institute, 1977, 13p.*
- VANDERVEEN, J.E.; KEENER, H.A. *Effects of molybdenum and sulfate on metabolism of copper in dairy cows. Journal of Dairy Science, v.47, p.1224-1230, 1964.*
- VITTI, G.C. *Avaliação e interpretação do enxofre no solo e na planta. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 1989, 37p.*
- WERNER, J.C.; MONTEIRO, F.A. *Respostas das pastagens à aplicação de enxofre. In: SIMPÓSIO SOBRE ENXOFRE E MICRONUTRIENTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 1988, Londrina. Anais... Londrina: EMBRAPA-CNPSO/ IAPAR/ SBCS, 1988. p.87-102.*
- WHEELER, J.L. *Increasing animal production from sorghum forage. World Animal Review, v.85, p.13-22, 1980.*