

**UNIVERSIDADE BRASIL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO ANIMAL
CAMPUS DESCALVADO**

LÍVIA CIRELLI

**USO DE FONTES ORGÂNICA E INORGÂNICA DE ENXOFRE NA
DIETA DE BOVINOS**

**USE OF ORGANIC AND INORGANIC SOURCES IN THE BEEF
CATTLE DIET**

Descalvado – SP
2022

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO ANIMAL

LÍVIA CIRELLI

USO DE FONTES ORGÂNICA E INORGÂNICA DE ENXOFRE NA DIETA DE BOVINOS

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Animal da Universidade Brasil, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Produção Animal.

Prof. Dr. Paulo Henrique Moura Dian
Orientador

Descalvado – SP

2022

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Bibliotecas da Universidade Brasil,
com os dados fornecidos pelo (a) autor (a).

C524u Cirelli, Livia
Uso de fontes orgânica e inorgânica de enxofre na dieta de bovinos /
Livia Cirelli. – Descalvado: Universidade Brasil, 2022.
50f. : il. ; 29,5cm.

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Animal da Universidade Brasil, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Produção Animal.
Orientador: Prof. Dr. Paulo Henrique Moura Dian.

1. Mineral orgânico. 2. Enxofre orgânico. 3. Bovinocultura de corte.
I. Título.

CDD 636.2085



**UNIVERSIDADE
BRASIL**

TERMO DE APROVAÇÃO

LÍVIA CIRELLI

"USO DE FONTES ORGÂNICA E INORGÂNICA DE ENXOFRE NA DIETA DE BOVINOS"

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre no Programa de Mestrado em Produção Animal** da Universidade Brasil, pela seguinte banca examinadora:

Prof. Dr. Paulo Henrique Moura Dian (presidente-orientador)

Prof.(a) Dr.(a) Käthery Brennecke (UNIVERSIDADE BRASIL)

Dra. Luriany Pompeo Ferraz (LABORATÓRIO ORGOLABS)

Descalvado/SP, 30 de setembro de 2022

Presidente da Banca Prof. Dr. Paulo Henrique Moura Dian

Houve alteração do Título: sim () não (X):



**UNIVERSIDADE
BRASIL**

Termo de Autorização

Para Publicação de Dissertações e Teses no Formato Eletrônico na Página WWW do Respetivo Programa da Universidade Brasil e no Banco de Teses da CAPES

Na qualidade de titular(es) dos direitos de autor da publicação, e de acordo com a Portaria CAPES no. 13, de 15 de fevereiro de 2006, autorizo(amos) a Universidade Brasil a disponibilizar através do site <http://www.universidadebrasil.edu.br>, na página do respectivo Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu*, bem como no Banco de Dissertações e Teses da CAPES, através do site <http://bancodeteses.capes.gov.br>, a versão digital do texto integral da Dissertação/Tese abaixo citada, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira.

A utilização do conteúdo deste texto, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, fica condicionada à citação da fonte.

Título do Trabalho: "USO DE FONTES ORGÂNICA E INORGÂNICA DE ENXOFRE NA DIETA DE BOVINOS"

Houve alteração do Título: sim () não ()

Autor(es):

Discente: **Livia Cirelli**

Assinatura: Livia Cirelli

Orientador(a): **Prof. Dr. Paulo Henrique Moura Dian**

Assinatura: Paulo Henrique Moura Dian

Coorientador(a):

Assinatura: _____

Data: 30/09/2022

Dedico este trabalho...

Aos meus pais, Júnior e Paula, que sempre me incentivaram e apoiaram em busca dos meus sonhos. A vocês meu sincero e eterno amor e respeito.

Aos meus irmãos, Lucas e Thamiris, por sempre estarem comigo e por toda troca de ensinamentos, sempre foram meus espelhos!

Ao meu noivo, Guilherme, pelo companheirismo em toda nossa jornada.

Agradecimentos...

Primeiramente e imensamente, a Deus, que sempre esteve presente em minha vida, guiando e iluminando meus passos!

Aos meus pais, Junior e Paula, sem eles nada seria possível. Obrigada por tudo que são e representam para mim.

Aos meus irmãos, Lucas e Thamiris, obrigada pelo companheirismo e amizade desde sempre.

Ao meu noivo, Guilherme, por sempre estar presente e pronto para todos os momentos!

Aos meus cunhados, Cíntia e Arthur, pelos momentos de alegria e solidariedade!

À minha querida sobrinha e afilhada, Cecília, que enche nossas vidas de alegria!!

Ao chefe e amigo, Dr Hélio, pela oportunidade e apoio à pesquisa e ensino! Obrigada por depositar sua confiança em mim!

À minha amiga e colega de trabalho, Letícia, por todo o companheirismo, amizade e suporte nos dias de luta e nos dias de glória! Sem você tudo seria mais difícil!

Ao Instituto Orgovet, meus colegas de trabalho e nossa querida estagiária por toda contribuição.

À empresa Orgolabs e colegas de trabalho por toda assistência prestada.

Ao parceiro e amigo Leandro e à empresa Carbotex, pelo estímulo ao projeto e pesquisa!

Ao professor Dr. Paulo, por toda paciência, auxílio e conhecimento prestados, minha sincera gratidão!

À Universidade Brasil, todos seus professores e colaboradores que contribuíram para minha formação!

*“A sorte segue a coragem,
desde que a coragem seja competente.”*

(CORTELLA, 2018)

RESUMO

A bovinocultura de corte é responsável por uma grande parcela na produção de alimentos no mundo. Uma das principais estratégias para aprimorar a criação de gado é a alimentação, sendo que os minerais apresentam importante papel nutricional. O enxofre é caracterizado como um macromineral, devido sua exigência nos bovinos, e possui várias funções vitais, por isso, frequentemente deve ser suplementado na dieta. O presente estudo teve como objetivo comparar a fonte inorgânica de enxofre (flor de enxofre) com uma fonte orgânica (quelato de enxofre) e seus diferentes níveis de suplementação sobre o desempenho de novilhas $\frac{1}{2}$ Nelore x $\frac{1}{2}$ Aberdeen Angus submetidas a sistema de confinamento. Para isso foram utilizadas 24 novilhas entre 13 e 16 meses, com peso médio inicial de 230 kg, distribuídas aleatoriamente em quatro tratamentos: dose diária recomendada (6,72 g) de enxofre proveniente da flor de enxofre; dose diária recomendada de enxofre (6,72 g) proveniente do quelato de enxofre; 50% da dose recomendada de enxofre (3,36 g) proveniente do quelato de enxofre e 75% da dose diária recomendada de enxofre (5,04 g) proveniente do quelato de enxofre. Durante o período experimental de 90 dias foi fornecido dieta composta por 81% de concentrado e 19% de volumoso em quantidade equivalente a 2% do peso vivo na matéria seca de cada novilha. Não houve diferenças significativas entre os tratamentos para desempenho animal, conversão alimentar e eficiência alimentar. O tratamento com fonte orgânica de enxofre na metade da dose diária recomendada apresentou redução de 29,7% na excreção fecal de enxofre. Com isso, pode-se concluir que o uso de metade da dose de enxofre na forma orgânica (quelato de enxofre) pode ser uma opção para diminuir a inclusão do elemento mineral na dieta de bovinos de corte, já que os animais submetidos à metade da dose de quelato de enxofre atingiram o mesmo desempenho animal do grupo submetido à dose diária recomendada da fonte inorgânica de enxofre.

Palavras-chave: Mineral orgânico. Enxofre orgânico. Bovinocultura de corte.

ABSTRACT

Beef cattle is responsible for a large portion of food production in the world. One of the main strategies to improve cattle breeding is feeding, with minerals playing an important role for diet supplementation. Sulfur is characterized as a macromineral, due to its requirement in cattle, and has several vital functions, therefore, it must often be supplemented in the diet. The present study aimed to compare the inorganic source of sulfur (sulfur flower) with an organic source (sulfur chelate) and their different levels of supplementation performance of ½ Nellore x ½ Aberdeen Angus heifers submitted to a feed lot system. Thus, 24 heifers aged between 13 and 16 months, with an average initial weight of 230 kg, were randomly distributed into four treatments: recommended daily dose (6.72 g) of sulfur from the sulfur flower; recommended daily dose (6.72 g) from sulfur chelate; 50% of the recommended dose of sulfur (3.36 g) from sulfur chelate and 75% of the recommended daily allowance (5.04 g) from sulfur chelate. During the 90-day experimental period, a diet consisting of 81% concentrate and 19% forage was provided in an amount equivalent to 2% of the live weight in the dry matter of each heifer. There were no significant differences between treatments for animal performance, feed conversion and feed efficiency. Treatment with an organic source of sulfur at half the recommended daily dose showed a reduction of 29.7% in fecal sulfur excretion. In conclusion, the use of half the dose of sulfur in the organic form (sulfur chelate) can be an option to reduce the inclusion of the mineral element in the diet of beef cattle, since the animals submitted to half the dose of sulfur chelate reached the same animal performance of the group submitted to the recommended daily dose of the inorganic source of sulfur.

Keywords: Organic mineral. Organic sulfur. Beef cattle.

DIVULGAÇÃO E TRANSFERÊNCIA DE CONHECIMENTO

O quelato de enxofre é uma fonte de enxofre orgânico e estudos indicam que fontes orgânicas de minerais possuem maior absorção no organismo animal. Com o presente estudo pode-se concluir que o uso de metade da dose de enxofre na forma quelatada pode ser uma opção para diminuir a inclusão do mineral na dieta de bovinos de corte, visto que os animais submetidos à metade da dose de enxofre orgânico atingiram o mesmo desempenho animal do grupo submetido à dose total recomendada de enxofre inorgânico e, ainda, apresentaram redução em 29,7% na excreção fecal do enxofre.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Metabolismo ruminal do sulfato e a via proposta de toxicidade do enxofre em ruminantes.....	21
Figura 2 – Galpão experimental com baias individuais.....	27
Figura 3 – Baia individual.....	27
Figura 4 – Coleta de sangue.....	30
Figura 5 – Amostras de fezes.....	31
Figura 6 – Desempenho de novilhas cruzadas em regime de confinamento submetidas a tratamentos com diferentes fontes e doses de enxofre.....	36
Figura 7 – Conversão alimentar (kg MS/kg ganho) de novilhas cruzadas em regime de confinamento submetidas à tratamentos com diferentes fontes e doses de enxofre.....	37
Figura 8 - Eficiência alimentar (kg ganho/kg MS) de novilhas cruzadas submetidas a tratamentos com diferentes fontes e níveis de enxofre em sistema de confinamento.....	38
Figura 9 – Níveis de enxofre no sangue (mg/L) de novilhas cruzadas submetidas à diferentes fontes e níveis de enxofre na dieta em sistema de confinamento.....	40
Figura 10 – Concentração de enxofre nas fezes de novilhas cruzadas submetidas à diferentes fontes e níveis de enxofre em sistema de confinamento.....	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dieta experimental em proporções de matéria seca.....	28
Tabela 2 – Composição dos núcleos.....	29
Tabela 3 – Resultado do desempenho animal das comparações dos grupos experimentais.....	34
Tabela 4 – Resultado das comparações da concentração de enxofre presente nas amostras de sangue e fezes dos grupos experimentais.....	39

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 OBJETIVOS	16
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
3 REVISÃO DA LITERATURA	17
3.1 IMPORTÂNCIA E REQUERIMENTO DE ENXOFRE NA DIETA DE BOVINOS	17
3.2 INTERAÇÃO DO ENXOFRE COM OS MICRORGANISMOS RUMINAIS	18
3.3 DEFICIÊNCIA DE ENXOFRE.....	19
3.4 TOXICIDADE POR ENXOFRE.....	20
3.5 INTERAÇÕES DO ENXOFRE COM OUTROS MINERAIS	22
3.6 MINERAIS QUELATADOS.....	22
3.7 FONTES DE ENXOFRE.....	24
3.8 PECUÁRIA SUSTENTÁVEL	24
4 MATERIAL E MÉTODOS	26
4.1 LOCAL E PERÍODO.....	26
4.2 ANIMAIS	26
4.3 INSTALAÇÕES	26
4.4. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL.....	27
4.5 ANÁLISES DAS AMOSTRAS.....	31
4.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA	31
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
5.1 DESEMPENHO ANIMAL.....	33
5.2 CONCENTRAÇÕES DE ENXOFRE NO SANGUE E NAS FEZES.....	39
6 CONCLUSÃO	43
REFERÊNCIAS	44

1 INTRODUÇÃO

O Brasil possui notável participação no agronegócio mundial, sendo responsável por uma grande parcela da produção de alimentos devido sua produção animal, no qual destaca-se como o segundo maior produtor mundial de bovinos e o maior exportador de carne bovina (USDA, 2022). Com isso, surgem novos desafios em busca do desenvolvimento de tecnologias para aprimorar a produtividade dos rebanhos.

A alimentação pode ser classificada como uma das principais estratégias para a criação e exploração econômica da bovinocultura, na qual os minerais apresentam importante papel nutricional e suas deficiências podem acarretar grandes prejuízos para a agroindústria.

O fornecimento convencional de minerais na dieta dos animais se dá na forma de sais inorgânicos, no entanto essas fontes apresentam baixa absorção pelo organismo animal e boa parte torna-se indisponível quando misturada à ração ou durante o processo de digestão, o que pode levar a uma deficiência mineral. Frente a isso, estudos com fontes orgânicas de minerais têm sido desenvolvidos como fatores de melhoria no desempenho e saúde animal, além de melhoria no metabolismo, refletindo na biodisponibilidade desses minerais e seus benefícios para os animais e consequentemente na produção.

Muitos trabalhos publicados vêm sugerindo novas pesquisas para melhorar as definições das condições e fontes minerais capazes de aprimorar o desempenho e saúde animal, além de estabelecer um nível ótimo de minerais orgânicos na dieta de ruminantes. O interesse pelo estudo dos minerais orgânicos também tem crescido devido aos resultados positivos de pesquisas que mostraram melhor absorção, ganho de peso e reprodução de animais suplementados com minerais orgânicos (ASHMEAD, 1993; MOTTIN, et al. 2013; GOODALL e SCHUETZE, 2019; BHOSALE et al. 2021). Ainda, pode-se citar o menor impacto ambiental causado pela excreção dos resíduos minerais presentes nos dejetos (MORAIS e LIMA, 2020. SARAN NETTO, 2006).

Com isso justifica-se o presente estudo, o qual tem como objetivo comparar uma fonte inorgânica utilizada para suplementar enxofre para ruminantes (flor de enxofre) com uma fonte orgânica (quelato de enxofre), com diferentes níveis de suplementação, observando se há efeitos positivos no desempenho animal e na absorção do mineral.

2 OBJETIVOS

Comparar a fonte inorgânica de enxofre (flor de enxofre) com uma fonte orgânica (quelato de enxofre) e seus diferentes níveis de suplementação sobre o desempenho de novilhas ½ Nelore x ½ Angus submetidas a sistema de confinamento.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Objetivo específico 1

Comparar os efeitos do uso de uma fonte inorgânica de enxofre com diferentes níveis de uma fonte orgânica de enxofre (quelato de enxofre) sobre o ganho de peso diário e a média de ganho de peso em um período de 90 dias.

- Objetivo específico 2

Avaliar o consumo, conversão alimentar e eficiência alimentar dos animais submetidos a dietas com diferentes níveis de fonte orgânica e fonte inorgânica de enxofre.

- Objetivo específico 3

Avaliar as concentrações sorológicas de enxofre e as concentrações de enxofre fecal de animais alimentados com diferentes níveis de enxofre orgânico e enxofre inorgânico.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 IMPORTÂNCIA E REQUERIMENTO DE ENXOFRE NA DIETA DE BOVINOS

Os minerais são elementos essenciais para a nutrição dos animais. Apesar de aparecerem de forma discreta na dieta quando comparados com carboidratos, lipídeos e proteínas, são fundamentais para o bom funcionamento do organismo, participando de processos bioquímicos, composição estrutural e de hormônios, além de serem catalizadores enzimáticos (MEDEIROS, GOMES e BUNGENSTAB, 2015).

O enxofre é classificado como um macromineral devido sua exigência nutricional. Ele está presente nos tecidos animais em várias formas de sulfato e pode totalizar até 0,2% do organismo vivo. Ainda, encontra-se envolvido em várias funções, como a síntese e metabolismo de proteínas, metabolismo de carboidratos e lipídeos, coagulação sanguínea, função endócrina e balanço ácido-base do fluído intra e extracelular; além de participar da formação do colágeno e da hemoglobina (RODRIGUES, 1998; SARAN NETTO, 2006; SUTTLE, 2010).

O requerimento de enxofre em ruminantes é diretamente relacionado com as atividades da microbiota ruminal, as quais são capazes de transformar o enxofre inorgânico em aminoácidos acoplados com enxofre, que serão utilizados posteriormente pelo animal (ARC, 1980). O metabolismo do enxofre inorgânico no rúmen se dá através da redução do sulfato à sulfeto, para que assim seja absorvido pelos microrganismos do rúmen (MOIR, 1970). Essa prática é uma importante função dos microrganismos ruminais, pois, a partir da incorporação do enxofre inorgânico em compostos orgânicos, acontece a produção dos aminoácidos sulfurados (BURK E HILL, 1994).

De acordo com Marques (2003), as exigências de enxofre pelos bovinos variam de 0,10% a 0,25% na matéria seca ou mediante a relação de Nitrogênio e Enxofre (N:S) na dieta. Nos tecidos desses animais pode-se encontrar a relação de N:S de 9:1, 12:1 e até 16:1, sendo que uma alimentação com a relação 15:1 é considerada ótima para ruminantes (SILVA et al., 2014).

A suplementação mineral na dieta de bovinos deve ser realizada devido seu principal alimento ser as forrageiras e, no Brasil, a maior parte das pastagens apresentam desbalanços minerais, o que pode acarretar problemas nutricionais e menor desempenho produtivo (SENGER et al., 1997). Spears, Bush e Ely (1977) concluíram que em bovinos alimentados com dietas com baixos níveis de enxofre, a

digestão da celulose foi 1,6% menor, enquanto que nos animais alimentados com dietas contendo de 0,1 a 0,4% de enxofre da matéria seca a digestibilidade foi de 33,5%. No estudo de Ress e Minson (1978), concluíram que o sulfato reciclado para o rúmen é um fator limitante para a síntese de proteína pelos ruminantes alimentados com dietas de forragem de baixa qualidade. Ainda, segundo Morris (1984), houve um ganho significativo no peso de novilhos quando o enxofre foi acrescentado na dieta de 0,05 para 0,13%.

Além disso, as deficiências de enxofre também podem acontecer em dietas com o uso de nitrogênio não proteico, como ureia; nesse caso é necessário a suplementação de enxofre para adequar a relação de enxofre e nitrogênio, que varia de 1:12 até 1:15. Ou, também, em dietas com silagem de milho, visto que essa forrageira é pobre neste mineral (MARQUES, 2003).

Hume e Bird (1970), citados por Saran Netto (2006), observaram que o sulfato de sódio, sulfato de cálcio, DL-metionina e hidroximetionina foram equivalentes em melhorar a digestão da celulose *in vitro*, e concluíram que o nível ótimo de enxofre foi de 0,16 a 0,24% para ruminantes.

De acordo com McDowell (1992), o requerimento de enxofre para ruminantes em regime de pastejo está entre 0,10 e 0,32%; já o NRC (1996) recomenda a concentração máxima de 0,3% de enxofre na dieta de ruminantes. Os melhores indicadores para avaliar a deficiência de enxofre na dieta de ruminantes é a estimativa de enxofre da dieta junto com a análise de desempenho dos animais.

Visto que as exigências de enxofre para gado de corte não são bem definidas, o BR-Corte 4 (2010), sugere para bovinos zebuínos puros e cruzados a adoção da exigência dietética de 0,15% de enxofre na matéria seca da dieta para condições brasileira e, ainda, o ARC (1980) recomenda em dietas com fontes de nitrogênio não proteico, a suplementação de enxofre na proporção de 0,067% do nitrogênio suplementado (1S:15N).

3.2 INTERAÇÃO DO ENXOFRE COM OS MICRORGANISMOS RUMINAIS

A grande maioria das bactérias ruminais necessitam de enxofre, sendo que algumas são capazes de degradar fontes inorgânicas do mineral para sulfetos e/ou sulfitos e incorporá-los em aminoácidos, e outras usam somente enxofre orgânico (DURAND e KOMISARCZUK, 1988).

Segundo Gould (1998), o sulfeto de hidrogênio (H_2S) é um produto normal do metabolismo microbiano do rúmen para a síntese de aminoácidos sulfurados, no qual, parte do metabolismo do enxofre ruminal envolve as bactérias redutoras de sulfato. Os sulfatos e sulfetos formam então um sistema de reciclagem, no qual o sulfeto é absorvido ou usado para síntese de proteínas microbianas, sendo que a parte absorvida é oxidada a sulfato no sangue e fígado e é distribuído para o líquido extracelular; e o sulfato é reciclado para o rúmen via saliva ou diretamente para o intestino grosso.

A quantidade de fluxo de enxofre total no rúmen que é integrada à proteína microbiana ruminal possui ampla variação e pode ser determinada por vários fatores, como a fonte do enxofre e pela co-disponibilidade de outros substratos, principalmente o nitrogênio (BIRD, 1972; MOIR, 1970). Quando a energia de fermentação, fonte de enxofre, nitrogênio e fósforo estão disponíveis na mesma proporção que a capacidade cinética do rúmen e da biomassa microbiana, ocorre o nível ótimo de síntese microbiana e captura de enxofre (BIRD, 1972; MOIR, 1970). Alguns protozoários ruminais engolfam bactérias e isso faz com que ocorra a redução da incorporação de enxofre na proteína microbiana, aumentando a disponibilidade de sulfato no rúmen. Esse excesso de enxofre é absorvido no rúmen como sulfato, no entanto é potencialmente tóxico (KANDYLIS, 1984).

Outra atividade dependente do enxofre dietético é a degradação estrutural de fibra no rúmen pelos fungos anaeróbicos, o que possui contribuição significativa para a síntese de aminoácidos sulfurados (WESTON et al., 1988).

3.3 DEFICIÊNCIA DE ENXOFRE

A deficiência de enxofre em ruminantes pode ocorrer quando esses animais se alimentam de forragens de baixa qualidade e em solos deficientes, ou ainda, em animais alimentados com dietas contendo nitrogênio não proteico, como ureia. A carência do mineral aumenta o desenvolvimento de microrganismos no rúmen que não utilizam o lactato, ocasionando o acúmulo deste ácido no rúmen, sangue e urina (McDOWELL, 1992).

As alterações clínicas da deficiência de enxofre em ruminantes podem ser confundidas com os sinais de deficiência em proteína, devido à redução na síntese de proteínas pelos microrganismos ruminais. Os animais apresentam diminuição do

consumo, conseqüente perda de peso, lacrimejamento, tontura, fraqueza, podendo levar a morte. Sua ocorrência geralmente é rara em ruminantes (MARQUES, 2003).

Dietas deficientes em enxofre também podem diminuir a digestibilidade e a produção de leite em vacas lactantes (BOUCHARD e CONRAD, 1973).

O tratamento se dá pela suplementação contínua e pode ser ineficaz se outros fatores estiverem limitando a atividade dos microrganismos ruminais, para isso pode ser necessário fornecer fontes de carboidratos fermentescíveis e nitrogênio, associados com o suplemento de enxofre (MARQUES, 2003).

3.4 TOXICIDADE POR ENXOFRE

Polioencefalomalacia (PEM) é uma alteração caracterizada morfologicamente pelo amolecimento da substância cinzenta encefálica e, em bovinos, uma de suas principais etiologias é a ingestão excessiva de enxofre, além de dietas com deficiência de tiamina e deficiência de fibras (CUNHA et al., 2011; WITHOEFT et al., 2019). Surtos de PEM em bovinos foram relatados no Brasil ocasionados também por intoxicação por cloreto de sódio associada à privação de água, intoxicação por chumbo e infecção por herpesvírus bovino 5 (BoHV-5) (NAKAZATO et al., 2000; LEMOS et al., 2004; LUNARDI et al., 2009).

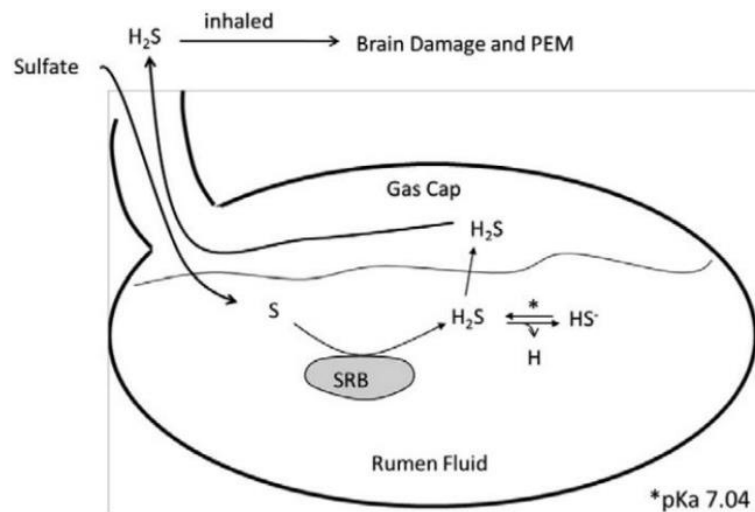
Os sinais apresentados pelos animais acometidos pela PEM são isolamento, anorexia, depressão, cegueira de origem central, andar sem rumo, pressão da cabeça contra obstáculos, movimentos involuntários, incoordenação, sialorreia, convulsões, decúbito, movimentos de pedalagem e diminuição do tônus da língua (sinais neurológicos), a qual pode ser responsável por perdas econômicas substanciais no setor produtivo (SANTOS et al., 2005; RIET-CORREA et al., 2007).

Segundo Gould et al. (1997) e Gould (1998), a ingestão de sulfatos favorece a redução para sulfetos por decorrência dos microrganismos ruminais e se ligam a cátions bivalentes (minerais). Os sulfetos demonstram ser a forma tóxica do enxofre e são geralmente encontrados na camada gasosa do rúmen.

Os microrganismos ruminais adaptados a dietas ricas em sulfatos produzem grandes concentrações de sulfeto de hidrogênio (H₂S), sendo que uma parte passa pela detoxificação pela síntese bacteriana de aminoácidos sulfurados e outra parte é absorvida pelas mucosas ruminais e intestinais e/ou ainda pode ser liberada por eructação, exemplificado pela figura 1 (RADOSTITS et al., 2007). No entanto, são

derivados desse gás, ânions tóxicos que inibem a enzima citocromo-oxidase da cadeia transportadora de elétrons, o que interrompe a respiração celular causando hipóxia e, conseqüentemente, necrose neuronal (MCALLISTER et al., 1997; RADOSTITS et al., 2007).

Figura 1 – Metabolismo ruminal do sulfato e a via proposta de toxicidade do enxofre em ruminantes



O excesso de enxofre disponível no rúmen é reduzido pelas bactérias redutoras de sulfato à H_2S e excretado no líquido ruminal. De maneira dependente do pH, a parte do H_2S se dissociará em HS^- e permanecerá no fluido e o H_2S restante migrará para a camada de gás no rúmen. Com base no pKa, em pH 7 no fluido, 50% do H_2S se dissociará em HS^- e em pH 5,5 apenas 5% se dissociará em HS^- . O H_2S acumulado é eructado e posteriormente inalado (citotóxico), que irá entrar na corrente sanguínea e poderá causar lesões cerebrais.

Fonte: Drewnoski et al. (2014)

Além disso, outros mecanismos de ação também podem estar envolvidos, como a capacidade do enxofre de se ligar a hemoglobina formando sulfemoglobina, que reduz a capacidade de oxigenação sanguínea (BULGIN et al., 1996).

Segundo o NRC (1996), o limite tolerável na alimentação de ruminantes é de 0,4% com base de matéria seca.

Em um estudo experimental, Cunha et al. (2011) observaram que uma dieta rica em carboidrato de alta fermentação, baixa quantidade de fibra efetiva e altos níveis de enxofre (0,52%) ocasionou alterações clínicas e histopatológicas, além de elevadas concentrações de sulfeto de hidrogênio ruminal compatíveis com quadro de intoxicação por enxofre.

Para diagnosticar a PEM é necessário análise epidemiológica, incluindo verificação dos níveis de concentração de enxofre na água, ração, volumoso, suplemento proteico-energético e mineral que os animais tiveram acesso; além da

detecção de elevadas concentrações de H_2S na camada gasosa do rúmen de animais doentes (RIET-CORREA et al., 2007; GOULD et al., 1997). No entanto, não há tratamento específico para a toxicose por enxofre, a recomendação é identificar a provável fonte do mineral e eliminá-la da alimentação dos animais e ofertar alimentos com baixos teores de enxofre.

3.5 INTERAÇÕES DO ENXOFRE COM OUTROS MINERAIS

Segundo McDowell (1992), existe uma complexa interação entre os minerais enxofre, cobre e molibdênio: o molibdênio na presença do enxofre reduz o depósito de cobre nos órgãos e a síntese de ceruloplasmina, resultando na diminuição da excreção de cobre com a bile, mas aumentando a excreção pela urina; o aumento de cobre na dieta reduz a deposição de molibdênio no fígado; e quando o nível de enxofre é elevado, há um aumento da excreção de molibdênio pela urina, enquanto a deposição no tecido decresce.

Além disso, essa interação também ocorre no trato digestivo, visto que a redução de sulfato para sulfeto no rúmen provoca uma reação do sulfeto com o molibdênio, formando o tiomolibdato (MoS_4^{2-}) e posteriormente formará o tiomolibdato de cobre ($CuMoS_4$), o que torna o cobre altamente insolúvel e não utilizável. Na ausência de molibdênio, o enxofre forma um composto insolúvel (sulfeto de cobre), podendo causar deficiência de cobre no organismo animal (DIC, DEWEY e GAWTHORNE, 1975).

A formação de sulfeto também ocasiona uma diminuição na absorção de alguns minerais, como cobre, zinco e ferro, podendo ser necessária fornecer quantidades dietéticas extras desses minerais (GOULD, 1998).

3.6 MINERAIS QUELATADOS

Os quelatos são caracterizados como compostos formados por íons metálicos capturados por aminoácidos, peptídeos ou complexos polissacarídeos que possibilita a esses íons alta disponibilidade biológica, alta estabilidade e solubilidade. Um mineral, que é definido como um cátion polivalente, pode fazer a ligação com uma, duas ou várias dessas moléculas para formar um composto mineral organicamente ligado ou quelato (KIEFER, 2005).

Sua biodisponibilidade depende de três condições estruturais, segundo O'Dell (1984), AAFCO (1997) e Ashmead (1993):

- 1) Forma de ligação com o metal – nos quelatos formados com dois ou três aminoácidos, o íon metálico fica inerte na molécula, o que faz com que entre facilmente nas vias metabólicas, pois assume a característica da molécula orgânica;
- 2) Peso molecular da forma quelatada – o mineral quelatado possui baixo peso molecular, sendo o principal ponto para absorção como uma molécula intacta. Caso o peso molecular de um quelato for maior do que 800 dáltons, poderá sofrer hidrólise na luz do trato digestivo e a absorção pela mucosa não será garantida;
- 3) Constante de estabilização do quelatado – deve ser formado de dois ou três anéis de aminoácidos quelantes para serem estáveis. Se a constante de estabilização dos aminoácidos é grande, estes irão resistir à ação de peptidases que quebram as ligações peptídicas internas, liberando o átomo de metal na molécula.

O transporte para a parte interna das células se dá por difusão passiva ou por transporte ativo, onde podem ocorrer perdas por competição pelos sítios de absorção entre os elementos minerais, com interações antagônicas que inibem a absorção, ou pela reação com compostos insolúveis (HERRICK, 1993). Segundo Ashmead (1993), as formas de sais inorgânicos são normalmente ionizadas no estômago, onde o pH ácido determina a solubilidade, e absorvidos no duodeno. A partir disso, sofrem o processo de ligação com proteínas e são incorporados pela membrana das células da mucosa intestinal.

No entanto, nos aminoquelatados, o elemento mineral metálico na molécula é quimicamente inerte devido a forma de ligação, fazendo com que não seja afetado pelos íons metálicos livres. Assim, eles são absorvidos no jejuno, atravessam as células da mucosa intestinal e passam diretamente para o plasma (HERRICK, 1993; ASHMEAD, 1993).

Dessa forma, estudos com minerais orgânicos têm sido desenvolvidos a fim de garantir melhor absorção do mineral no trato gastrointestinal sem que entre no processo de competição iônica.

3.7 FONTES DE ENXOFRE

Diferentes fontes de enxofre podem influenciar na microbiota ruminal, alterando parâmetros bioquímicos de fermentação ruminal, como pH, produção de amônia, produção de ácidos graxos voláteis, o que pode reduzir a síntese de proteína microbiana (MORRISSON, MURRAY E BONIFACE, 1990).

McDowell (1992) demonstrou que as fontes de enxofre sulfato de sódio, sulfato de cálcio e uma mistura de sulfato de potássio com sulfato de magnésio foram equivalentes para suplementar enxofre para vacas em lactação, recomendando-se um nível de 0,17 a 0,20% de enxofre. De acordo com Johnson, Goodrich e Maiske (1971), para cordeiros foram necessários o triplo de enxofre na forma elementar do que como metionina; assim como Bull e Vandersall (1973) que observaram um aumento de 13% na absorção aparente de enxofre fornecendo DL-metionina quando comparado com enxofre elementar.

Saran Netto (2006), observou uma tendência positiva na degradabilidade da matéria seca nas dietas com fonte orgânica de enxofre (carboquelato e metionina), possivelmente ocasionado pelo aumento significativo da quantidade total de protozoários ciliados, em comparação com a dieta usando flor de enxofre. Ainda, pôde observar que a fonte orgânica proporcionou aos animais na fase de crescimento um ganho de peso diário superior em 11% quando comparado a fonte de enxofre inorgânica (flor de enxofre).

3.8 PECUÁRIA SUSTENTÁVEL

A busca pela segurança alimentar de maneira sustentável é um dos grandes desafios do mundo. Segundo a Organização das Nações unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO), um sistema alimentar sustentável é aquele que oferece segurança alimentar e nutricional para a população de forma que as bases econômicas, sociais e ambientais utilizadas não comprometam as gerações futuras (ALVES, 2020).

De acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), a pecuária representa 31% do Valor Bruto da Produção Agropecuária (VBP) do Brasil, no entanto, ainda necessita de investimentos tecnológicos na sua produção para que atenda a demanda e segurança alimentar e a sustentabilidade ambiental (MAPA, 2022; SANTOS, 2017).

Para isso, a pecuária bovina está investindo em sistemas de rastreabilidade da cadeia, intensificação da integração lavoura-pecuária, melhoramento do desempenho dos animais com dietas nutricionais mais seguras e precisas, redução da quantidade de pastagens degradadas e aumento da produtividade em arrobas por hectare ano (@/ha/ano) (RIBEIRAL, 2020).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 LOCAL E PERÍODO

O experimento foi conduzido no Instituto de Tecnologia Avançada ORGOVET, localizado na cidade de Descalvado (SP), sob o protocolo nº 2100036 da comissão de ética para uso de animais da Universidade Brasil (CEUA-UB), por um período de 120 dias, sendo 30 dias de adaptação às instalações e alimentação e 90 dias de dieta experimental. O período de adaptação iniciou-se dia 29 de janeiro de 2022 e estendeu-se ao dia 27 de fevereiro de 2022. A dieta experimental foi realizada entre o período de 28 de fevereiro à 29 de maio de 2022.

4.2 ANIMAIS

Foram selecionadas 24 fêmeas F1, provenientes do cruzamento Nelore x Angus, entre 13 e 16 meses de idade, nulíparas, com peso médio de 230kg, distribuídas aleatoriamente em quatro grupos contendo seis animais cada. Antes de serem alojados nas baias, os animais foram pesados, identificados por brincos com numeração e examinados clinicamente por um médico veterinário. Todas as novilhas foram desvermifugadas com Ivermectina 1% e pulverizadas com carrapaticida e inseticida à base de fipronil para controle sanitário de ectoparasitas.

4.3 INSTALAÇÕES

Os animais foram alojados em um galpão de alvenaria coberto (Figura 2), em baias individuais com cama de maravalha. Cada baia (Figura 3) era composta por cocho para alimentação individual e bebedouro com água *ad libitum*.

Figura 2 – Galpão experimental com baias individuais



Fonte: A autoria própria

Figura 3 – Baia individual



Fonte: A autoria própria

4.4. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Os 24 animais foram alojados individualmente e aleatoriamente nas baias e sorteados para quatro tratamentos, com seis repetições cada.

A dieta foi composta na proporção volumoso e concentrado (ração + núcleo mineral) 19:81, de acordo com suas exigências nutricionais (BR-Corte 4) (Tabela 1) e somente diferiram na origem e níveis do mineral enxofre (Tabela 2). O volumoso, a ração e o núcleo foram fornecidos juntos no cocho uma vez ao dia durante todo o período experimental em quantidade equivalente a 2% do peso vivo (PV), calculados individualmente. As sobras foram retiradas e pesadas semanalmente.

- Grupo de tratamento 1: a dieta foi composta pelo enxofre oriundo de uma fonte inorgânica, a flor de enxofre 96%, a quantidade fornecida do enxofre foi de 6,72 g/dia/animal, correspondendo às exigências recomendadas pelo BR-Corte 4, totalizando 7,0 g de flor de enxofre.
- Grupo de tratamento 2: a dieta foi composta pelo enxofre orgânico, quelato de enxofre 20%. A quantidade fornecida do enxofre também foi de 6,72 g/dia/animal, totalizando 33,6 g de quelato de enxofre.
- Grupo de tratamento 3: a fonte de enxofre utilizada foi o quelato de enxofre 20%, no entanto foi fornecida 50% da quantidade de enxofre recomendada pelo Br-Corte, ou seja, 3,36 g/dia/animal, totalizando 16,8 g de quelato de enxofre.
- Grupo de tratamento 4: a fonte de enxofre utilizada foi o quelato de enxofre 20%, fornecendo 75% da dose recomendada de enxofre pelo Br-Corte 4, ou seja, 5,04 g/dia/animal, totalizando 25,2 g de quelato de enxofre.

Tabela 1 – Dieta experimental em proporções de matéria seca

Alimento	Matéria Seca	% Matéria Seca do Concentrado	% Matéria Seca da dieta total
Trigo Farelo	2,25kg	36,75%	29,61%
Milho Fubá	3,46kg	56,38%	45,60%
Ureia	58,86g	0,86%	0,77%
Soja Farelo	300,0g	4,85%	3,95%
Bagaço Cana-de-açúcar	1,17kg	-	19,00%
Núcleo 1	81,34g	1,17%	1,06%
Núcleo 2	107,94g	1,17%	1,06%
Núcleo 3	91,14g	1,17%	1,06%
Núcleo 4	99,54g	1,17%	1,06%
Total 1	7,32kg	100%	100,00%
Total 2	7,35kg	100%	100,00%
Total 3	7,33kg	100%	100,00%
Total 4	7,34kg	100%	100,00%

Núcleo 1: núcleo mineral do grupo de tratamento 1 com flor de enxofre na quantidade diária recomendada pelo Br-Corte 4. Núcleo 2: núcleo mineral do grupo de tratamento 2 com quelato de enxofre na quantidade diária recomendada pelo Br-Corte 4. Núcleo 3: núcleo mineral do grupo de tratamento 3 com quelato de enxofre utilizando 50% da dose diária recomendada pelo Br-Corte 4. Núcleo 4: núcleo mineral do grupo de tratamento 4 com quelato de enxofre utilizando 75% da dose diária recomendada pelo Br-Corte 4. Total 1: total de quilos de matéria seca da dieta do grupo de tratamento 1. Total 2: total de quilos de matéria seca da dieta do grupo de tratamento 2. Total 3: total de quilos de matéria seca da dieta do grupo de tratamento 3. Total 4: total de quilos de matéria seca da dieta do grupo de tratamento 4.

Fonte: Autoria própria

Tabela 2 – Composição dos núcleos

Alimento	Núcleo 1		Núcleo 2		Núcleo 3		Núcleo 4	
	Matéria Seca (g)	% Matéria Seca	Matéria Seca (g)	% Matéria Natural	Matéria Seca (g)	% Matéria Natural	Matéria Seca (g)	% Matéria Natural
Cálcario	55,68	68,44994	55,68	51,58224	55,68	61,09006	55,68	55,93500
Flor de enxofre	7,0	8,60542	-	-	-	-	-	-
Quelato de enxofre	-	-	33,6	31,12722	16,8	18,43235	25,20	25,31541
Iodato de potássio	0,0057	0,00701	0,0057	0,00528	0,0057	0,00625	0,0057	0,00573
Cloreto de sódio	18,31	22,50931	18,31	19,96248	18,31	20,08906	18,31	18,39385
Selenito de Sódio	0,008	0,00983	0,008	0,00741	0,008	0,00878	0,008	0,00804
Sulfato de Cobalto	0,0243	0,02987	0,0243	0,02251	0,0243	0,02666	0,0243	0,02441
Sulfato de Cobre	0,00012	0,00015	0,00012	0,00011	0,00012	0,00013	0,00012	0,00012
Sulfato de Zinco	0,316	0,38847	0,316	0,29274	0,316	0,34670	0,316	0,31745

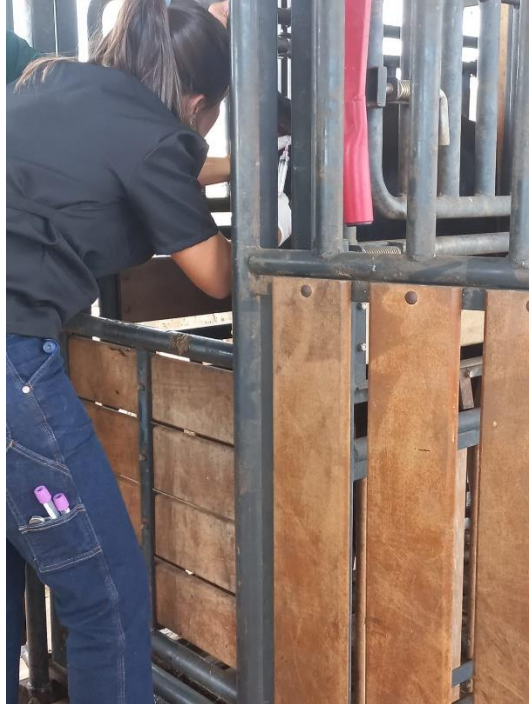
Fonte: Autoria própria

A concentração de enxofre da dieta experimental dos grupos de tratamentos 1 e 2 foram de 0,16% da matéria seca, sendo que a suplementação de enxofre com a flor de enxofre e com o quelato de enxofre correspondeu a 0,09%. No grupo de tratamento 3, a concentração de enxofre da dieta correspondeu a 0,11% da matéria seca, sendo que a suplementação de enxofre utilizando o quelato de enxofre como fonte correspondeu a 0,044% da matéria seca. Já a dieta do grupo de tratamento 4 continha 0,14% de enxofre na matéria, na qual a suplementação de enxofre utilizando o quelato de enxofre correspondeu a 0,069% da matéria seca.

Os animais foram pesados nos dias 0 (28/02/2022), 30 (30/03/2022), 60 (29/04/2022) e 90 (29/05/2022), em balança eletrônica (Coimma ®), acoplada no tronco de contenção bovino. O consumo foi recalculado a cada pesagem, levando em consideração o peso vivo.

A coleta de sangue e fezes dos animais foram realizadas durante a última pesagem (Figura 4). As amostras de sangue foram coletadas na veia coccígea, localizada na cauda do animal, em tubos à vácuo com heparina sódica para análise de quantificação do enxofre no sangue. Em seguida foram acondicionados em temperatura ambiente para posterior análise.

Figura 4 – Coleta de sangue



Fonte: Autoria própria

As amostras de fezes foram coletadas da ampola retal dos animais e acondicionadas em frascos coletor universal estéril, em seguida foram espalhadas em placas de Petri K30-9015RI de forma que ficassem com 5mm de espessura e passaram por um processo de secagem em estufa de ventilação forçada por 8h à 60°C. Após secagem, foram pesadas 4g de cada amostra e acondicionada em sacos plásticos identificados individualmente para serem analisadas por via seca em laboratório especializado (Figura 5).

Figura 5 – Amostras de Fezes



A – Amostras de fezes no coletor universal estéril; B – amostra de fezes espalhadas na placa de Petri; C – amostras de fezes na estufa de circulação forçada; D – amostras de fezes secas acondicionadas em sacos plásticos identificados individualmente.

Fonte: Autoria própria

4.5 ANÁLISES DAS AMOSTRAS

As análises de concentração de enxofre no sangue e nas fezes foram realizadas por meio de espectrometria de emissão atômica por plasma indutivamente acoplado (ICAP-6300 Thermo Scientific) pelo laboratório Icasa-Lab, localizados em Campinas-SP.

4.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram submetidos a análise estatística descritiva e analítica pelo programa GraphPad Prism 6.0. O nível de significância estabelecido foi de 5%. A hipótese de nulidade foi rejeitada se $p \leq 0,05$. Os dados foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk, D'Agostino & Pearson e Kolmogorov-Smirnov, no qual apresentaram distribuição normal ($p > 0,05$) e, portanto, testes paramétricos foram aplicados. As variáveis contínuas (ganho médio diário (GMD), eficiência alimentar

(EA) e conversão alimentar (CA)) foram comparadas dentro do mesmo tratamento, de acordo com os diferentes períodos analisados (ex: GMD D0 *versus* GMD P30 *versus* GMD P60 *versus* GMD P90), e também comparadas entre os diferentes grupos de tratamento com o mesmo período de tempo (GMD D0 flor de enxofre *versus* GMD D0 quelato de enxofre *versus* GMD D0 50% quelato enxofre *versus* GMD D0 75% quelato de enxofre) pelo teste de ANOVA, seguido pelo pós teste de Tukey. Os resultados foram apresentados na Tabela 3 e pelas Figuras 6, 7 e 8 como média e desvio-padrão (DP). As variáveis concentração de enxofre sanguíneo e concentração de enxofre fecal foram comparadas entre os grupos após 90 dias pelo teste de ANOVA, seguido pelo pós teste de Tukey. Os resultados foram apresentados na Tabela 4, como média e DP, e representados nas Figuras 9 e 10.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 DESEMPENHO ANIMAL

Os resultados de desempenho animal estão descritos na Tabela 3 e ilustrados nas Figuras 6, 7 e 8.

Tabela 3 – Resultado do desempenho de novilhas ½ Nelore x ½ Angus submetidas à diferentes fontes e níveis de enxofre na dieta em sistema de confinamento

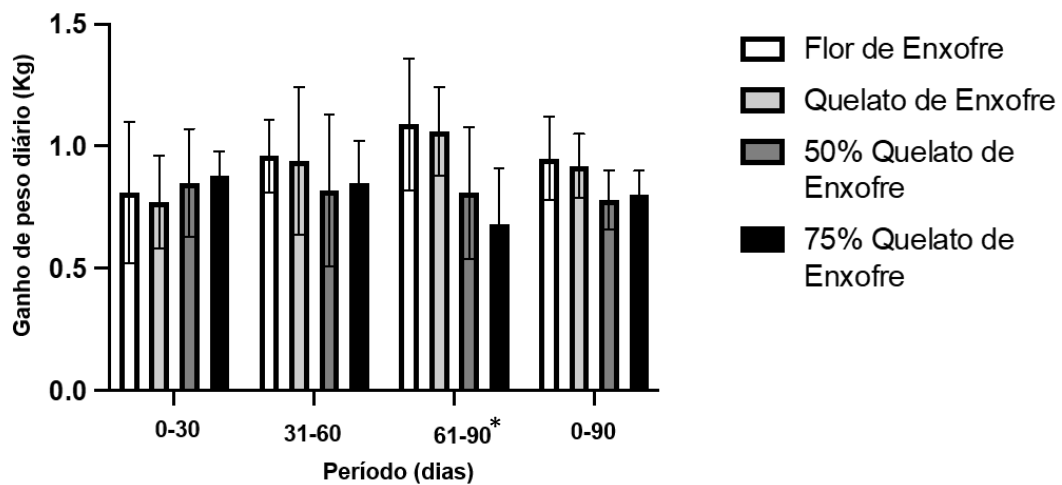
Variáveis	Grupos Experimentais / Médias e Desvios Padrões*										Anova	
	Flor de Enxofre		Quelato de Enxofre		50% Quelato de Enxofre		75% Quelato de Enxofre		Valor de F	Prob. Sig.		
PV D0	240,33 ±	39,77 A	232,67 ±	33,36 A	232,17 ±	28,29 A	229,17 ±	26,55 A	0,13	0,9415		
PV D30	264,50 ±	38,84 A	255,83 ±	32,75 A	257,67 ±	29,11 A	255,50 ±	28,49 A	0,10	0,9594		
PV D60	293,33 ±	42,07 A	284,00 ±	39,89 A	282,33 ±	31,76 A	281,17 ±	30,54 A	0,14	0,9355		
PV D90	326,00 ±	47,62 A	315,67 ±	41,15 A	306,67 ±	30,16 A	301,50 ±	30,71 A	0,48	0,7012		
CMS P1 (kg)	5,00 ±	0,83 A	4,84 ±	0,70 A	4,84 ±	0,59 A	4,76 ±	0,55 A	0,14	0,9369		
CMS P2 (kg)	5,47 ±	0,73 A	5,33 ±	0,68 A	5,28 ±	0,63 A	5,30 ±	0,59 A	0,10	0,9613		
CMS P3 (kg)	6,11 ±	0,88 A	5,91 ±	0,84 A	5,88 ±	0,66 A	5,81 ±	0,62 A	0,17	0,9167		
CMS MÉDIO (kg)	5,53 ±	0,81 A	5,36 ±	0,73 A	5,33 ±	0,62 A	5,29 ±	0,58 A	0,13	0,9395		
GMD P1 (kg)	0,81 ±	0,29 A	0,77 ±	0,19 A	0,85 ±	0,22 A	0,88 ±	0,10 A	0,33	0,8048		
GMD P2 (kg)	0,96 ±	0,15 A	0,94 ±	0,30 A	0,82 ±	0,31 A	0,85 ±	0,17 A	0,48	0,7021		
GMD P3 (kg)	1,09 ±	0,27 A	1,06 ±	0,18 AB	0,81 ±	0,27 AB	0,68 ±	0,23 B	4,11	0,0200		
GMD MÉDIO (kg)	0,95 ±	0,17 A	0,92 ±	0,13 A	0,78 ±	0,12 A	0,80 ±	0,10 A	2,64	0,0776		
CA P1	7,47 ±	4,67 A	6,65 ±	1,95 A	6,08 ±	1,93 A	5,42 ±	0,56 A	0,61	0,6147		
CA P2	5,74 ±	0,82 A	6,36 ±	2,72 A	7,37 ±	3,13 A	6,42 ±	1,37 A	0,55	0,6532		
CA P3	5,78 ±	1,03 A	5,71 ±	1,14 A	8,00 ±	3,19 A	9,42 ±	3,53 A	3,13	0,0586		
CA MÉDIO	5,98 ±	0,82 A	5,85 ±	0,66 A	7,16 ±	2,23 A	6,64 ±	0,88 A	1,30	0,3023		
EA P1	0,17 ±	0,07 A	0,16 ±	0,05 A	0,18 ±	0,05 A	0,19 ±	0,02 A	0,28	0,8372		
EA P2	0,18 ±	0,02 A	0,17 ±	0,05 A	0,16 ±	0,06 A	0,16 ±	0,03 A	0,34	0,8000		
EA P3	0,18 ±	0,03 A	0,18 ±	0,04 A	0,14 ±	0,05 A	0,12 ±	0,04 A	3,22	0,0548		
EA MÉDIO	0,17 ±	0,03 A	0,17 ±	0,02 A	0,15 ±	0,03 A	0,15 ±	0,02 A	1,65	0,2097		
CMS %PV P1	2,08 ±	0,00 A	2,08 ±	0,00 A	2,08 ±	0,00 A	2,08 ±	0,00 A	3,20	0,0557		
CMS %PV P2	2,07 ±	0,03 A	2,08 ±	0,00 A	2,05 ±	0,07 A	2,07 ±	0,01 A	0,64	0,6001		

CMS %PV P3	2,08 ±	0,00 A	2,08 ±	0,00 A	2,08 ±	0,00 A	2,07 ±	0,03 A	1,40	0,2715
CMS %PV MÉDIO	2,08 ±	0,01 A	2,08 ±	0,00 A	2,07 ±	0,02 A	2,07 ±	0,01 A	0,45	0,7219

*: Valores seguidos pela mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste Tukey ($p \geq 0,05$)

PV D0: peso vivo no dia 0 do período experimental; PV D30 : peso vivo no dia 30 do período experimental; PV D60: peso vivo no dia 60 do período experimental; PV D90: peso vivo no dia 90 do período experimental; CMS P1: consumo matéria seca no período experimental de 0 a 30 dias; CMS P2: consumo de matéria seca no período experimental de 31 a 60 dias; CMS P3: consumo de matéria seca no período experimental de 61 a 90 dias; CMS MÉDIO: consumo de matéria seca médio do período experimental total; GMD P1: ganho médio diário no período experimental de 0 a 30 dias; GMD P2: ganho médio diário no período experimental de 31 a 60 dias; GMD P3: ganho médio diário no período experimental de 61 a 90 dias; GMD MÉDIO: ganho médio diário do período experimental total; CA P1: conversão alimentar no período experimental de 0 a 30 dias; CA P2: conversão alimentar no período de 31 a 60 dias; CA P3: conversão alimentar no período de 61 a 90 dias; CA MÉDIO: conversão alimentar do período experimental total; EA P1: eficiência alimentar do período experimental de 0 a 30 dias; EA P2: eficiência alimentar do período experimental de 31 a 60 dias; EA P3: eficiência alimentar do período experimental de 61 a 90 dias; EA MÉDIO: eficiência alimentar do período experimental total; CMS %PV P1: consumo de matéria seca por porcentagem do período de 0 a 30 dias; CMS %PV P2: consumo de matéria seca por porcentagem do peso vivo do período experimental de 31 a 60 dias; CMS %PV P3: consumo de matéria seca por porcentagem do peso vivo do período experimental de 61 a 90 dias; CMS %PV MÉDIO: consumo de matéria seca por porcentagem do peso vivo do período experimental total.

Figura 6 – Desempenho de novilhas ½ Nelore x ½ Angus submetidas à diferentes fontes e níveis de enxofre na dieta em sistema de confinamento



*Após teste de ANOVA e pós teste de Tukey somente foi encontrada diferença estatística no terceiro período (61-90 dias) de confinamento ($p < 0,05$)

Fonte: Própria autoria

De acordo com a Figura 6, nos dois primeiros períodos (de 0 a 30 dias e de 31 a 60 dias) não houve diferenças significativas no desempenho animal entre os tratamentos, já no último período, entre 61 e 90 dias houve um menor desempenho dos animais dos grupos de tratamento com 50% da dose de quelato de enxofre e 75% da dose de quelato de enxofre, como descrito na Tabela 3 (GMD P3, onde $p = 0,02$), possivelmente ocasionado por duas novilhas, uma de cada tratamento, que expressaram cio e reduziram o consumo da dieta. No entanto, ao final dos 90 dias de experimento, a Tabela 3 mostra que não houve diferença significativa ($p \geq 0,05$) no desempenho dos animais nos diferentes tratamentos.

De acordo com Saran Netto (2006), em bovinos Nelore, em regime de confinamento, submetidos a tratamentos com fonte inorgânica de enxofre e fonte orgânica de enxofre, foi possível observar que houve maior ganho de peso no primeiro período para os animais submetidos ao tratamento com carboquelatado, apresentando ganho de peso 11% superior à flor de enxofre. No entanto, no período final do confinamento também não ocorreu diferença significativa ($p > 0,05$) entre as fontes flor de enxofre, metionina e carboquelatado.

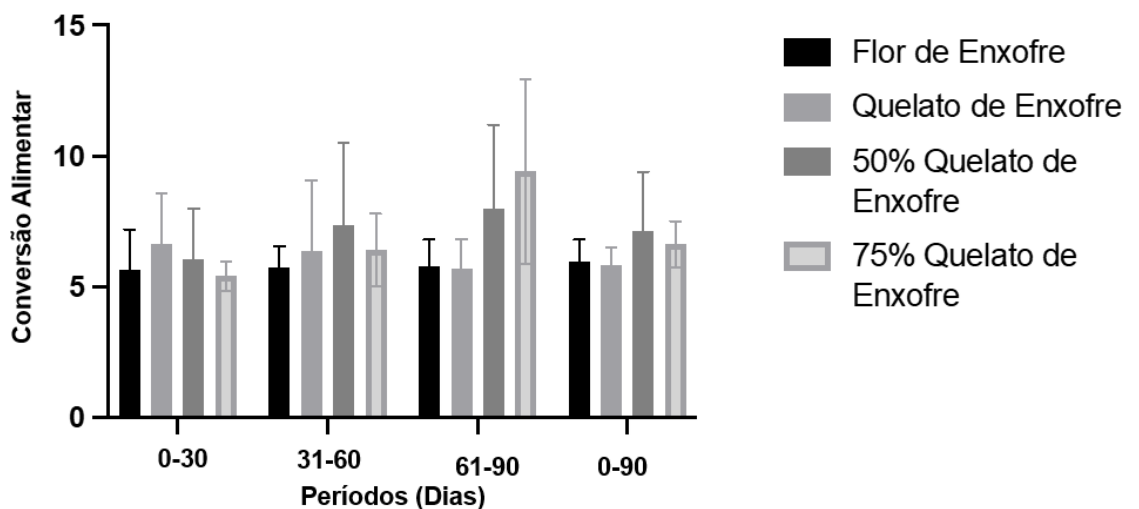
Em ovinos foram adicionados sulfato de sódio e metionina na dieta, elevando de 0,06% para 0,18% de enxofre e observaram que houve um aumento de 14% na produção, mas entre as fontes não houve diferença significativa (BOUCHARD e CONRAD, 1973). Ainda, trabalhos com biodisponibilidade foram realizados com bovinos e ovinos em crescimento, comparando fontes de enxofre inorgânico como

sulfato de sódio, sulfato de amônia e sulfato de cálcio, com fontes orgânicas como isômeros de metionina, porém também não encontraram diferenças significativas entre as fontes (GIL; SHIRLEY e MOORE, 1973; PATTERSON e KUNG, 1988).

Dessa maneira, pode-se inferir que grupo submetido à metade da dose de enxofre orgânico se equiparou, em relação ao ganho de peso diário, com o grupo controle que utilizou a dose recomendada pelo Br-Corte 4 e a flor de enxofre como fonte inorgânica de enxofre, provavelmente devido à maior biodisponibilidade do mineral quelatado.

A conversão alimentar nos períodos de tratamentos e a conversão alimentar do período total de confinamento está representada na Figura 7.

Figura 7 – Conversão alimentar (kg MS/kg ganho) de novilhas $\frac{1}{2}$ Nelore x $\frac{1}{2}$ Angus submetidas à diferentes fontes e níveis de enxofre na dieta em sistema de confinamento.



Após teste de ANOVA e pós teste de Tukey não foram encontradas diferenças estatísticas ($p > 0,05$)

Fonte: Própria autoria

A conversão alimentar (CA) é definida como a capacidade que o animal apresenta em converter os nutrientes consumidos em produto animal (leite, carne, lã, pele, etc.). É calculada pela divisão entre a ingestão de matéria seca diária (IMS) e o ganho de peso diário (GMD):

$$CA = IMS/GMD$$

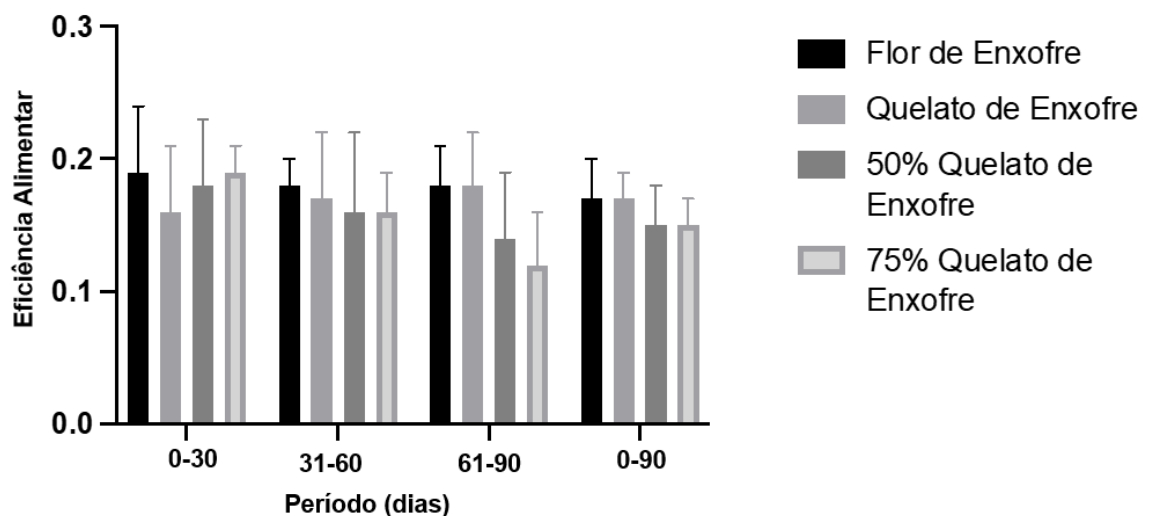
Para bovinos de corte, a CA representa a taxa que o animal converteu o alimento consumido em carcaça (DA SILVA LIMA et al., 2015). A CA em bovinos de corte também é influenciada pela composição do ganho em peso, ou seja, a eficiência de utilização da energia para ganho em peso é motivada pela composição corporal e

é inversamente proporcional à deposição de gordura na carcaça, devido a menor eficiência de conversão da energia em tecido adiposo em comparação com o tecido muscular (FERNANDES et al., 2004).

Pela figura, houve melhor CA nos grupos de tratamento da flor de enxofre e de 75% de quelato de enxofre, no entanto no terceiro período de confinamento, os tratamentos com 50% e 75% de quelato de enxofre apresentaram pior CA, possivelmente devido ao baixo desempenho e baixo consumo ocasionado pelo cio observado em uma novilha de cada grupo citado. Ao final dos 90 dias de experimento não houve diferença significativa na CA entre os tratamentos realizados.

Na figura 8 está representada a eficiência alimentar (EA) nos grupos de tratamentos nos três períodos e na duração total do confinamento.

Figura 8 – Eficiência alimentar (kg ganho/kg MS) de novilhas $\frac{1}{2}$ Nelore x $\frac{1}{2}$ Angus submetidas à diferentes fontes e níveis de enxofre na dieta em sistema de confinamento.



Após teste de ANOVA e pós teste de Tukey não foram encontradas diferenças estatísticas ($p > 0,05$)

Fonte: Própria autoria

A eficiência alimentar (EA) pode ser compreendida como a razão entre o que foi produzido (“*output*”) e o que foi necessário para produzir (“*input*”), ou seja, ao se avaliar o consumo individual pelo animal (*input*) com alguma característica de interesse, como ganho de peso (*output*), está avaliando-se a eficiência alimentar (MENDES e CAMPOS, 2016). É calculada como a razão inversa da conversão alimentar:

$$EA: GMD/IMS$$

Um dos principais motivos para avaliar a EA está relacionado com os custos de produção, visto que a dieta consumida pelos animais é uma das variáveis de maior custo na pecuária de corte (ARTHUR et al., 2001).

No presente estudo, pode-se observar que nos primeiros 30 dias de confinamento o grupo 4, que usou o quelato de enxofre na dose de 75% do recomendado se equiparou com o grupo 1, que usou a flor de enxofre na dose total recomendada. Já nos 30 dias finais do confinamento, a eficiência alimentar do grupo 4 e do grupo 3, que usou o quelato de enxofre na dose de 50% do recomendado, foram menores, o que está relacionado com a pior conversão e o baixo desempenho causado pelo cio dos animais citados.

No período total do confinamento não houve diferença significativa na eficiência alimentar entre os grupos estudados, então pode-se afirmar que o grupo submetido à fonte orgânica de enxofre (quelato de enxofre) com metade da dose diária recomendada do mineral alcançou a mesma eficiência alimentar que o grupo submetido à dose diária recomendada da fonte inorgânica de enxofre (flor de enxofre). Isso indica que o quelato de enxofre possibilita a redução em metade da quantidade de enxofre requerida diariamente para suplementação, pois produziu o mesmo ganho de peso nos animais estudados, podendo levar à uma redução nos custos da dieta.

5.2 CONCENTRAÇÕES DE ENXOFRE NO SANGUE E NAS FEZES

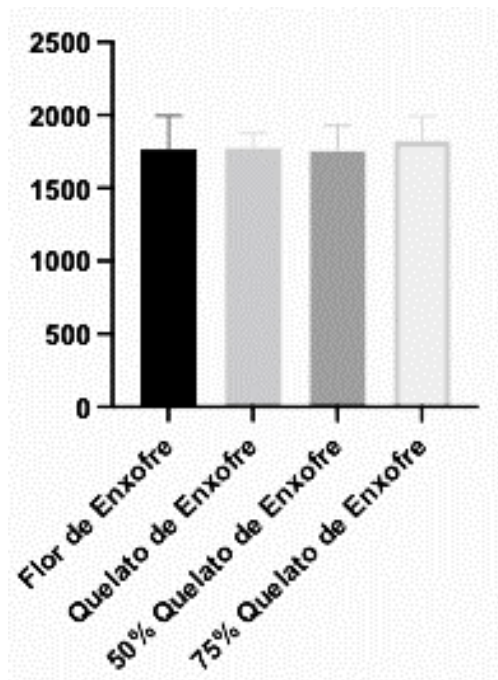
Ao final dos 90 dias de experimento foram colhidas amostras de sangue e de fezes de todos os animais de cada tratamento para avaliar as concentrações de enxofre. Na Tabela 4 e nas Figuras 9 e 10 estão representadas as concentrações de enxofre encontrados no sangue e nas fezes de cada grupo de tratamento.

Tabela 4 – Resultado das comparações da concentração de enxofre presente nas amostras de sangue e fezes de novilhas $\frac{1}{2}$ Nelore x $\frac{1}{2}$ Angus submetidas à diferentes fontes e níveis de enxofre na dieta em sistema de confinamento

Amostras	Grupos Experimentais / Médias e Desvio Padrões			
	Flor de enxofre	Quelato de enxofre	Quelato de enxofre 50%	Quelato de enxofre 75%
Sangue (mg/L)	1755 ± 161,2	1756 ± 87,03	1748 ± 126,8	1846 ± 91,14
Fezes (mg/Kg)	53,37 ± 10,07	45,86 ± 9,712	37,50 ± 2,674	45,17 ± 5,577

Não houve diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) entre os grupos. Todas as comparações entre os tratamentos foram feitas com ANOVA One-way, seguido por teste Tukey para parâmetros sanguíneo e fecal da concentração de enxofre.

Figura 9 – Concentrações de enxofre no sangue (mg/L) de novilhas $\frac{1}{2}$ Nelore x $\frac{1}{2}$ Angus submetidas à diferentes fontes e níveis de enxofre na dieta em sistema de confinamento.



Após teste de ANOVA e pós teste de Tukey não foram encontradas diferenças estatísticas ($p > 0,05$)
 Fonte: Própria autoria

As exigências de enxofre sugeridas para bovinos de corte ainda não são bem definidas. A concentração recomendada segundo o NRC (2016) varia de 0,08 à 0,16% na MS da dieta; no entanto, se fontes de nitrogênio não proteico são adicionadas à dieta, é necessária uma suplementação com enxofre na proporção de 0,067% do N suplementado (ARC, 1980). De acordo com o BrCorte 4, sugere-se a adoção dietética de 0,15% de enxofre na MS da dieta para condições brasileiras e que o nível máximo tolerado é de 0,4% da MS. Todos os tratamentos ficaram entre os níveis recomendados.

Foi verificado que a concentração de enxofre no sangue é um bom parâmetro para poder avaliar a deficiência de enxofre na dieta ou o uso de fontes de baixa biodisponibilidade de acordo com Mata et al. (1997) e White, Kumagai e Bernes (1997). Ainda, Morrison, Murrain e Boniface (1990), verificaram que a concentração de enxofre sanguíneo normalmente expressa se ocorre uma ingestão suficiente, caso outros fatores não influenciam, como a falta de nitrogênio que pode diminuir a síntese de proteína microbiana e assim aumentar os níveis de enxofre sanguíneo.

Segundo Weston et al. (1988) e Hegarty, Nolan e Leng (1991), citados por Saran Netto (2006), consideram os níveis críticos de enxofre no sangue de 1,6 $\mu\text{g/mL}$

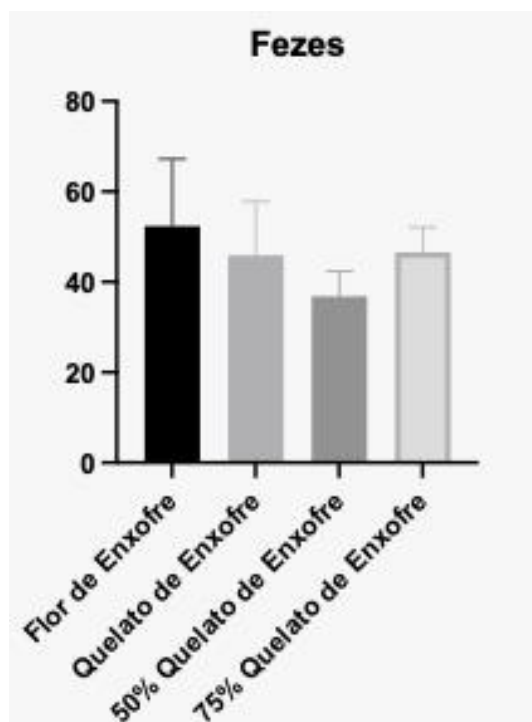
e abaixo de 1,0 µg/mL respectivamente, sendo que no presente estudo, todos os tratamentos superaram esses níveis.

Valores de enxofre no sangue também foram descritos por Slyter *et al.* (1988) em bezerros alimentados com dieta contendo baixo teor de enxofre, no qual houve retardo no crescimento e redução nos níveis sanguíneos.

Saran Netto (2006) avaliou a concentração de enxofre sanguíneo (µg) em bovinos suplementados com diferentes fontes de enxofre e verificou que ambas as fontes inorgânicas (flor de enxofre) e orgânicas (metionina e carboquelatado) atenderam os requerimentos para o enxofre. Em cordeiros, Johnson, Goodrich e Maiske (1971), verificaram que o enxofre na forma elementar foi requerido em aproximadamente três vezes mais que o enxofre na forma orgânica.

De acordo com a Figura 8, não houve diferença significativa entre os diferentes tratamentos nas concentrações sanguíneas de enxofre, isso demonstra que utilizando-se metade da dose recomendada de quelato de enxofre, foi possível obter concentrações de enxofre no sangue semelhante a dose diária recomendada de enxofre proveniente da fonte inorgânica.

Figura 10 – Concentrações de enxofre nas fezes (mg/kg) de novilhas ½ Nelore x ½ Angus submetidas à diferentes fontes e níveis de enxofre na dieta em sistema de confinamento.



Após teste de ANOVA e pós teste de Tukey não foram encontradas diferenças estatísticas ($p > 0,05$)

Fonte: Própria autoria

O estudo das concentrações de minerais excretados é importante para diminuir os impactos ambientais, visto que, segundo Figueredo Junior (2010) e Junqueira (2008) minerais orgânicos podem ser adicionados a uma concentração menor na dieta do que os sais inorgânicos sem efeitos negativos sobre o desempenho produtivo, além de reduzir à excreção de minerais e os riscos ao meio ambiente.

De acordo com Georgevskii et al. (1982), os minerais quelatados possuem maior atividade biológica, o que poderia diminuir as exigências dos animais por minerais na forma iônica e aumentar sua excreção depois que a exigência mínima fosse atingida; o que é demonstrado na Figura 9, no qual o grupo 3 submetido à metade da dose recomendada de quelato de enxofre apresentou redução de 29,7% na concentração de enxofre nas fezes e o grupo 4 que também foi submetido à uma dose menor de fonte orgânica de enxofre apresentou concentração semelhante aos grupos 1 e 2 submetidos à dose diária com fonte inorgânica e orgânica de enxofre; apesar de não demonstrarem diferença significativa.

Langwinski (2002), em um estudo com a inclusão de carboaminofosfoquelatos em sais mineralizados em bezerros, também observou menor excreção fecal de enxofre em animais suplementados com a molécula quelatada em comparação a dieta na forma iônica.

Segundo Haynes & Willians (1993), os bovinos podem defecar entre 11 e 16 vezes por dia, e Detmann (1999) verificou, em novilhos de 400 kg de peso vivo, produção fecal entre 2,8 a 3,8kg de matéria seca por dia. Com isso, sabe-se que um dos maiores desafios para produtores e profissionais de bovinocultura é a quantidade de dejetos produzidos diariamente e, quando não tratados ou manejados adequadamente, apresentam alto risco de poluição do meio ambiente, especialmente para os recursos hídricos (KONZEN; ALVARENGA, 2005; HOLUB JUNIOR, 2021).

A excreção de minerais pelas fezes pode ser afetada por vários fatores, como níveis de volumoso na dieta, fonte de minerais, forma física e qualidade da dieta e a quantidade de proteína, interação entre minerais, processamento dos alimentos, idade, sexo, estado fisiológico, estado sanitário, entre outros (ARAÚJO et al., 2001; SPEARS, 1996; HOUSE, 1999).

Dessa forma, o uso de metade da dose recomendada de enxofre na forma quelatada pode ser uma alternativa para diminuir os níveis de excreção de enxofre nas fezes de bovinos para o ambiente, contribuindo para a pecuária sustentável sem alterar o desempenho animal.

6 CONCLUSÃO

O uso de metade da dose de enxofre na forma quelatada pode ser uma opção para diminuir a inclusão do elemento mineral na dieta de bovinos de corte, visto que os animais submetidos à metade da dose diária de enxofre orgânico atingiram o mesmo desempenho animal do grupo submetido à dose diária recomendada do enxofre inorgânico e, ainda, houve uma redução de 29,7% na excreção fecal de enxofre dos animais submetidos à metade da dose do enxofre orgânico.

REFERÊNCIAS

ALVES, F. V. Desafio e oportunidade para a pecuária. **AGROANALYSIS. Caderno da pecuária sustentável**. Pag 36 – 37., V. 40, n. 11, 2020.

ARAÚJO, G. G. L. et al., Consumo e absorção aparente de macromelementos minerais em bezerros alimentados com dietas contendo diferentes níveis de volumoso. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n.6, p.1824-1828. 2001.

ARC - Agricultural Research Council. **The Nutrient Requirements of Ruminant Livestock**. London: Agricultural Research Council. The Gresham Press, 1980. 351p.

ARTHUR, P.F. et al. **Genetic and phenotypic variance and covariance components for feed intake, feed efficiency, and other postweaning traits in Angus cattle**. *Journal of Animal Science*, v. 79, n.11, p. 2805-2811, Nov. 2001.

ASHEMEAD, H. D. Comparative intestinal absorption and subsequent metabolism of metal amino acid chelates and inorganic metals salts. In: ASHEMEAD, H. D. (Ed). **The roles of amino acid chelates in animal nutrition**. New Jersey: Noyes, 1993. P. 47-51. 1993

ASSOCIATION OF AMERICAN FEED CONTROL OFFICIAL (AAFCO). **Official Publication**. Atlanta, 1997.

BHOSALE, T. R. et al. Effect of chelated minerals supplement on milk yield and composition of Sahiwal and Harijana Cows. **Asian Journal of Dairy and Food Research**, v. 40, n. 2, p. 189-192, 2021.

BIRD, P.R. Sulphur metabolism and excretion studies in ruminants. V. Ruminant desulphuration of methionine and cysteine. **Australian Journal of Biological Sciences**, v. 25, p.185-193, 1972.

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.

BRCORTE. GIONBELLI, M. P. et al. Exigências nutricionais de minerais para bovinos de corte. **BRCORTE**, v. 2, 2010.

BULGIN, M.S.; LINCOLN, S.D.; MATHER, G. 1996. Elemental sulfur toxicosis in a flock of sheep. *J. Am. Vet. Med. Assoc.*, 208:1063-1065, 1996.

BULL, L.S.; VANDERSALL, J.H. Sulfur source for in vitro cellulose digestion and in vivo ration utilization, nitrogen metabolism, and sulfur balance. **J. Dairy Sci.**, Champaign, v.56, p.106-12, 1973.

BURK, R.F.; HILL, K. E. Selenoprotein P. A selenium-rich extracellular glycoprotein. **J. Nutr.**, Philadelphia, v. 124, p. 1891-97, 1994.

CORTELLA, Mario Sergio. A sorte segue a coragem! **Editora Planeta do Brasil**, 2018.

CUNHA, P. H. J. et al. Polioencefalomalacia experimental em bovinos induzida por toxicose por enxofre. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 31, n. 1, p. 41-52, 2011.

DA SILVA LIMA, R. et al. Parâmetros nutricionais em bovinos de corte: Revisão sobre consumo, digestibilidade e conversão alimentar. **PUBVET**, v. 9, p. 101-157, 2015.

DANTAS, C. C. O.; DE MATTOS NEGRÃO, F. Funções e sintomas de deficiência dos minerais essenciais utilizados para suplementação dos bovinos de corte. **UNICiências**, v. 14, n. 2, 2010.

DETMANN, E. **Cromo e constituintes da forragem como indicadores, consumo e parâmetros ruminais em novilhos mestiços, suplementados, durante o período das águas**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1999. 103p. Tese (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1999.

DICK, A. T.; DEWEY, D.W.; GAWTHORNE, J.M. Thiomolibdates and the copper-molybdenum-sulfur interaction in ruminant nutrition. **J. Agric. Sci.**, Cambridge, v.85, p. 567-574, 1975

DURAND, M.; KOMISARCZUK, K. Influence of major minerals on rumen microbiota. **Journal of Nutrition**, v. 118, p.249-260, 1988.

FERNANDES, H. J. et al. Ganho de peso, conversão alimentar, ingestão diária de nutrientes e digestibilidade de garrotes não castrados de três grupos genéticos em recria e terminação. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 33, 2403-2411, 2004.

FIGUEREDO JUNIOR, J. P. Níveis de minerais orgânicos na dieta de poedeiras semi-pesadas. 2010, 42 f., Dissertação (Mestrado em zootecnia) - Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2010.

GIL, L.A.; SHIRLEY, R.L.; MOORE, J.E. Effect of methionine hydroxi analog on bacterial protein symthesis from urea and glucose, starch or celulose by rumen microbes, in vitro. **J. Anim. Sci.**, Champaign, v.37, p. 159-66, 1973.

GOODALL, S. R.; SCHUETZE, C. J. Programas de minerais-traço complexos versus quelados com aminoácidos em bezerros de alto risco durante a recepção. **Translational Animal Science**, v. 3, n. Suplemento_1, p. 1636-1640, 2019.

GOULD D.H. 1998. Polioencephalomalacia. **J. Anim. Sci.**, 76:309-314, 1998.

GOULD D.H.; CUMMINGS, B.A; HAMAR, D.W. 1997. In vivo indicators of pathologic ruminal sulfide production in steers with diet-induced polioencephalomalacia. **J. Vet. Diagn. Invest.**, 9:72-76, 1997.

HARMS, R.H.; BURESH, R.E. A comparison of diets with and without supplemented inorganic sulfate and colli for use in comparing relative potencies of various methionine supplements. **Nutr. Report International** Los Altos, v.35, p. 909-920, 1987.

HAYNES, R.J.; WILLIAMS, P.H. Nutrient cycling and fertility in the grazed pasture ecosystem. **Advances in Agronomy**, v.49, p.119-199, 1993.

- HEGARTY, R.S.; NOLAN, J.V.; LENG, R.A. Sulphur availability and microbial fermentation in the faune free rumen. **Arch. Fur anim. Nutr.**, Berlin, v.41, p.725-36, 1991.
- HERRICK, J. B. Mineral in animal health. In: ASHEMEAD, H. D. (Ed). **The roles of amino acid chelates in animal nutrition**. New Jersey: Noyes, 1993. P. 154-69.
- HOLUB JUNIOR, José Carlos. **Condicionador de solos desenvolvido a partir de dejetos bovinos e pó de basalto**. 38 f. TCC (Curso de Agronomia), Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Pato Branco, 2021.
- HOUSE, W. A. Trace element bioavailability as exemplified by iron and zinc. **Fields Crops Research**, Amsterdã, v. 60, p.115-141, 1999.
- HUME, I.D.; BIRD, P.R. Synthesis of microbial protein in the rumen, the influence of the level and form of dietary sulphur. **Aust. J. Agr. Res.**, Victoria, v. 21, n.2, p. 315-324, 1970.
- JOHNSON, W.H., GOODRICH, R.D.; MEISKE, J.C. Metabolismo of radioactive sulfúfur from elemental sulfúfur, sodium sulfato and methionine by lambs. **J. Anim. Sci.**, Champaign, v.32, p. 778-85, 1971.
- JUNQUEIRA, O. M. et al. Nutrição animal –Quelatos na alimentação animal–Boletim técnico. 2008.
- KANDYLIS, K. The role of sulphur in ruminant nutrition: a review. **Livestock production Science**, v.11, p.611-624, 1984.
- KIEFER, C. Minerais quelatados na nutrição de aves e suínos. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 2, n. 3, p. 206-220, 2005.
- KONZEN, Egídio A; ALVARENGA, Ranon C. **Manejo e utilização de dejetos animais: aspectos agronômicos e ambientais**. Sete Lagoas, 2005.
- LANGWINSKI, D. **Consumo de nutrientes digestíveis e excreção de minerais com a inclusão de carboaminofosfoquelatos em sais mineralizados para bezerros**. 2002. 98 f. Dissertação (Pós-Graduação em zootecnia) – Faculdade de agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.
- LEMOS R.A.A. et. al. Lead poisoning in cattle grazing pasture contaminated by industrial waste. **Vet. Hum. Toxicol.** 46:326-328. 2004
- LUNARDI M. et al. Neurological and epidemiological aspects of a BoHV-5 meningoencephalitis outbreak. **Braz. Arch. Biol. Technol.** 52:77-85. 2009.
- MARQUES, D. C. **Criação de bovinos**. 7.ed. ver., atual e ampl. Belo Horizonte – CVP Consultoria Veterinária e Publicações, p. 586. 2003
- MATA, G. et al. Production and glutathione responses to rumen-protected methionine in young sheep grazing dry pastures over summer and autumn. **Aust. J. Agr. Res.** V.48, p. 1111-20, 1997.

- MCALLISTER, M.M.; et al. Evaluation of ruminal sulfide concentrations and seasonal outbreaks of polioencephalomalacia in beef cattle in a feedlot. *J. Am. Vet. Med. Assoc.*, 211:1275-1279, 1997.
- McDOWELL, L.R. **Minerals in Animal and Human Nutrition**. New York: Academic Press, 1992.
- MEDEIROS, S. R.; GOMES, R. C.; BUNGENSTAB, D. J. Nutrição de bovinos de corte: fundamentos e aplicações. **Embrapa Gado de Corte-Livro técnico (INFOTECA-E)**, 2015.
- MENDES, E, D. M.; CAMPOS, MAGALHÃES, M.. Eficiência alimentar em bovino de corte. *Informe Agropecuário*, v. 37, n. 292, p. 28-38, 2016.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA. **Valor da produção agropecuária de 2022 está estimado em R\$ 1,207 trilhão**. 2022. Disponível em:< <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias-2022/valor-da-producao-agropecuaria-de-2022-esta-estimado-em-r-1-207-trilhao>>. Acesso em 13/09/2022.
- MOIR, R. J. Implication of the N:S ratio and differential recycling. In: Muth, O.H. and Oldfield, J.E. (eds). **Sulphur in nutrition** – Symposium Proceedings. AVI Publishing Company, westport, Connecticut, p. 165-170. 1970.
- MORAIS, M. V. M.; LIMA, H. J. D. Técnicas nutricionais para a redução do impacto ambiental da produção intensiva de animais não ruminantes. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 1, p. e11911560-e11911560, 2020.
- MORRIS, R.J. Sulphur in ruminant nutrition fertilization vc supplementation. **Sulphur Agr.**, Washington, v. 8, p. 11, 1984.
- MORRISON, M.; MURRAY, R.M.; BONIFACE, A.N. Nutriente metabolismo and rumen microorganisms in sheep fed a poor quality tropical grass hay supplemented with sulfate. **Journal of Agr. Science**. v. 115, p.269-75, 1990.
- MOTTIN, C. et al. Suplementação com minerais quelatados em bovinos: uma revisão. **Campo Digital**, v. 8, n. 2, 2013.
- NAKAZATO L., LEMOS R.A.A. & RIET-CORREA F. Polioencefalomalacia em bovinos nos estados de Mato Grosso do Sul e São Paulo. **Pesq. Vet. Bras.** 20:119-125, 2000.
- NRC - NATIONAL ACADEMIES OF SCIENCES, ENGINEERING, AND MEDICINE et al. Nutrient requirements of beef cattle. 2016.
- NRC – NATIONAL RESEARCH COUNCIL, **Nutrient requirements of beef cattle**. 7. Ed. National Academy Press. Washington, DC, 1996.
- O'DELL, B.L. Bioavailability of trace elements. **Nutrition Reviews**, New York, v. 42, p.301-308, 1984.
- RADOSTITS, O.M.; et. al. 2007. **Veterinary Medicine: A textbook of the diseases of cattle, horses, sheep, pigs, and goats**. 10th ed. Saunders Elsevier, Edinburgh, p.2006-2012, 2007.

RESS, M.C.; MINSON, D.J. Fertilizer sulfur as a factor affecting voluntary intake, digestibility and retention time of pangola grass by sheep. **J Nutr.**, Philadelphia, v. 39, p. 5-11, 1978.

RIBEIRAL, R. A. Dia a dia do pecuarista brasileiro. AGROANALYSIS. **Caderno da pecuária sustentável.** pag 32-33, v 40, n. 11, 2020.

RIET-CORREA, F., et al. Polioencephalomalacia. 35ª Jornadas Uruguayas de Buiatria, p.191-198, 2007.

RODRIGUES, A. A. **Utilização de enxofre na dieta de bovinos.** Embrapa – CPPSE, 1998.

RODRIGUES, A. de A. et al. Teores de minerais em variedades de cana-de-açúcar com potencial para alimentação de bovinos. In: **Embrapa Pecuária Sudeste-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 44, Jaboticabal, SP. Anais... Jaboticabal: SBZ: UNESP, 2007., 2007.

SANTOS, J. E. O. D. **Análise de viabilidade econômica da implantação de biodigestores em confinamento bovino.** Universidade Federal da Grande Dourados - UFGD, 2017.

SANTOS, P.C.G.; GUIMARÃES, J.G.P.; RODER, P.R.; Polioencefalomalácia em bovinos. **Revista científica eletrônica de medicina veterinária**, periodicidade semestral. Ed. 5 julho de 2005.

SARAN NETTO, A. **Efeitos de fontes orgânica e inorgânica de enxofre na dieta de bovinos.** 2006, 72 p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, 2006.

SENGER, C. C. D. et al. Teores minerais em pastagens do Rio Grande do Sul. II. Sódio, enxofre, zinco, cobre, ferro e manganês. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 32, n. 1, p. 101-108, 1997.

SILVA, C. J. Da et al. Sulfur sources in protein supplements for ruminants. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 43, p. 537-543, 2014.

SLYTER, L.L., CHALUPA, W. AND OLTJEN, R.R. Response to elemental sulphur by calves and sheep fed purified diets. *Journal of Animal Science* 66, 1016–1027 1988.

SPEARS, J. W. Organic trace minerals in ruminant nutrition. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdã, v. 58, p. 151-163, 1996.

SPEARS, J.W.; BUSH, L.P.; ELY, D.G. Influence of nitrate and molybdenum on sulfur utilization by rumen microorganisms. **Journal Dairy Science**, Champaign, v.60, p. 1889-1896, 1977.

SUTTLE, N.F. **The mineral nutrition of livestock.** 4.ed. Wallingford, UK: CABI International, p. 579. 2010.

USDA - UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE FOREIGN AGRICULTURAL SERVICE, 2020. Disponível em: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/downloads>. Acesso: 17 jul. 2022.

WESTON, R.H. et al. Feed intake and digestion responses in sheep to the addition of inorganic sulfur to a herbage diet of low sulfur content. **Australian Journal of Agricultural Research.**, v.39, p.1107-11119, 1988.

WHITE, C.L.; KUMAGAI, H.; BERNES, M.J. The sulphur and selenium status of pregnant ewes grazing Mediterranean pastures. **Aust. J Agr. Res.** V. 48, p. 1081-87, 1997.

WITHOEFT, J. A. et al. Polioencephalomalacia (PEM) in calves associated with excess sulfur intake. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 39, p. 376-381, 2019.

Anexos



UNIVERSIDADE
BRASIL



UNIVERSIDADE
BRASIL

COMISSÃO DE ÉTICA PARA O USO DE
ANIMAIS
CEUA – UB

RESOLUÇÃO PROJETO DE PESQUISA

PROTOCOLO Nº 2100036

RESPONSÁVEL : Paulo Henrique Moura Dian

Instituição Universidade Brasil - Descalvado Sp - Departamento / Disciplina Produção Animal

Telefone (19) 99560-6776 E-mail pdmur@unbrasil.com.br

TÍTULO DO PROJETO: *USO DE FONTES ORGÂNICA E INORGÂNICA NA DIETA DE BOVINOS.*

RESOLUÇÃO DA COMISSÃO A Comissão de Ética no Uso de Animais - CEUA, na reunião de 10/12/2021, APROVOU os procedimentos éticos apresentados neste Protocolo.

Assinatura- coordenadora CEUA-UB

Cássia Maria Barroso Orlandi



UNIVERSIDADE
BRASIL

DRA. CÁSSIA MARIA BARROSO ORLANDI
PROFESSORA TITULAR DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO ANIMAL
COORDENADORA DO CEUA – COMISSÃO DE ÉTICA EM PESQUISA NA UTILIZAÇÃO DE ANIMAIS

Av. Hilário da Silva Passos, 950
+55 (19) 3535-8510 | Descalvado | 13.690-000