

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

USE OF ORGANIC AND INORGANIC SOURCES IN THE BEEF CATTLE DIET

L. CIRELLI¹; L. S. RISSI²; N. DANAGA³; L. P. FERRAZ⁴; K. BRENNECKE⁵; P. H. M. DIAN^{6*}

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 ½ Nelore x ½ 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: Flor de enxofre. Quelato de enxofre. Mineral quelatado.

SUMMARY

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.

KEY-WORDS: Sulfur flower. Sulfur chelate. Chelated mineral.

¹ Universidade Brasil, Discente, Mestrado Profissional em Produção Animal, Descalvado, SP.

² Universidade Brasil, Discente, Mestrado Profissional em Produção Animal, Descalvado, SP.

³ Universidade Brasil, Discente, Medicina Veterinária, Descalvado, SP.

⁴ Orgolabs Laboratório Ltda, Descalvado, SP

⁵ Universidade Brasil, Docente, Mestrado Profissional em Produção Animal, Descalvado, SP.

⁶ Universidade Brasil, Docente, Mestrado Profissional em Produção Animal, Descalvado, SP.

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 (GIACOMEL et al., 2022).

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 (PALMA et al., 2015). 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 (LANGWINSKI, 2002; PALMA et al., 2015; MORAIS e LIMA, 2020; SOARES, 2020; GOBESSO et al., 2021; SILVA, 2021).

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).

O trabalho tem por 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.

MATERIAL E MÉTODOS

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.

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.

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

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.

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.

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 minerais com fontes orgânica ou inorgânica de enxofre.

Alimento	Núcleo 1		Núcleo 2		Núcleo 3		Núcleo 4	
	Matéria Seca (g)	% Matéria Seca	Matéria Seca (g)	% Matéria Seca	Matéria Seca (g)	% Matéria Seca	Matéria Seca (g)	% Matéria Seca
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

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. 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.

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.

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.

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. As concentrações de enxofre sanguíneo foram comparadas entre os grupos de tratamentos após os 90 dias de dieta experimental e as concentrações de enxofre fecal foram comparadas entre os grupos de tratamentos após os 90 dias de dieta experimental, pelo teste de ANOVA, seguido pelo pós teste de Tukey em cada variável.

RESULTADO E DISCUSSÃO

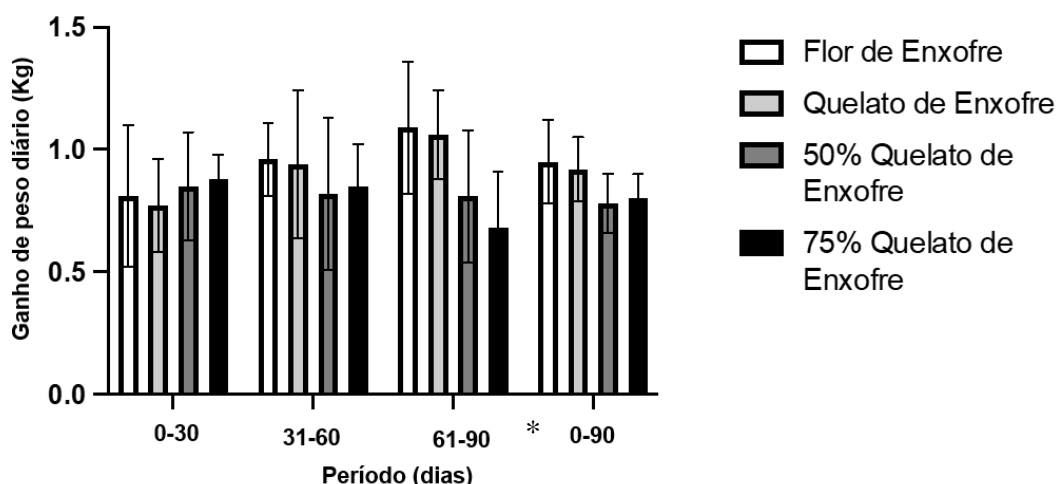
Os resultados de desempenho animal estão descritos na Tabela 3 e ilustrados nas Figuras 1, 2 e 3.

Tabela 3 - Desempenho de novilhas ½ Nelore x ½ Angus confinadas, submetidas à diferentes fontes e níveis de enxofre na dieta

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±	39,77A	232,67±	33,36A	232,17±	28,29	A	229,17	± 26,55	A	0,13	0,9415
PV D30	264,50±	38,84A	255,83±	32,75A	257,67±	29,11	A	255,50	± 28,49	A	0,10	0,9594
PV D60	293,33±	42,07A	284,00±	39,89A	282,33±	31,76	A	281,17	± 30,54	A	0,14	0,9355
PV D90	326,00±	47,62A	315,67±	41,15A	306,67±	30,16	A	301,50	± 30,71	A	0,48	0,7012
CMS P1 (kg)	5,00±	0,83A	4,84±	0,70A	4,84±	0,59	A	4,76	± 0,55	A	0,14	0,9369
CMS P2 (kg)	5,47±	0,73A	5,33±	0,68A	5,28±	0,63	A	5,30	± 0,59	A	0,10	0,9613
CMS P3 (kg)	6,11±	0,88A	5,91±	0,84A	5,88±	0,66	A	5,81	± 0,62	A	0,17	0,9167
CMS MÉDIO (kg)	5,53±	0,81A	5,36±	0,73A	5,33±	0,62	A	5,29	± 0,58	A	0,13	0,9395
GMD P1 (kg)	0,81±	0,29A	0,77±	0,19A	0,85±	0,22	A	0,88	± 0,10	A	0,33	0,8048
GMD P2 (kg)	0,96±	0,15A	0,94±	0,30A	0,82±	0,31	A	0,85	± 0,17	A	0,48	0,7021
GMD P3 (kg)	1,09±	0,27A	1,06±	0,18AB	0,81±	0,27	AB	0,68	± 0,23	B	4,11	0,0200
GMD MÉDIO (kg)	0,95±	0,17A	0,92±	0,13A	0,78±	0,12	A	0,80	± 0,10	A	2,64	0,0776
CA P1	7,47±	4,67A	6,65±	1,95A	6,08±	1,93	A	5,42	± 0,56	A	0,61	0,6147
CA P2	5,74±	0,82A	6,36±	2,72A	7,37±	3,13	A	6,42	± 1,37	A	0,55	0,6532
CA P3	5,78±	1,03A	5,71±	1,14A	8,00±	3,19	A	9,42	± 3,53	A	3,13	0,0586
CA MÉDIO	5,98±	0,82A	5,85±	0,66A	7,16±	2,23	A	6,64	± 0,88	A	1,30	0,3023
EA P1	0,17±	0,07A	0,16±	0,05A	0,18±	0,05	A	0,19	± 0,02	A	0,28	0,8372
EA P2	0,18±	0,02A	0,17±	0,05A	0,16±	0,06	A	0,16	± 0,03	A	0,34	0,8000
EA P3	0,18±	0,03A	0,18±	0,04A	0,14±	0,05	A	0,12	± 0,04	A	3,22	0,0548
EA MÉDIO	0,17±	0,03A	0,17±	0,02A	0,15±	0,03	A	0,15	± 0,02	A	1,65	0,2097
CMS %PV P1	2,08±	0,00A	2,08±	0,00A	2,08±	0,00	A	2,08	± 0,00	A	3,20	0,0557
CMS %PV P2	2,07±	0,03A	2,08±	0,00A	2,05±	0,07	A	2,07	± 0,01	A	0,64	0,6001
CMS %PV P3	2,08±	0,00A	2,08±	0,00A	2,08±	0,00	A	2,07	± 0,03	A	1,40	0,2715
CMS %PV MÉDIO	2,08±	0,01A	2,08±	0,00A	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.



*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

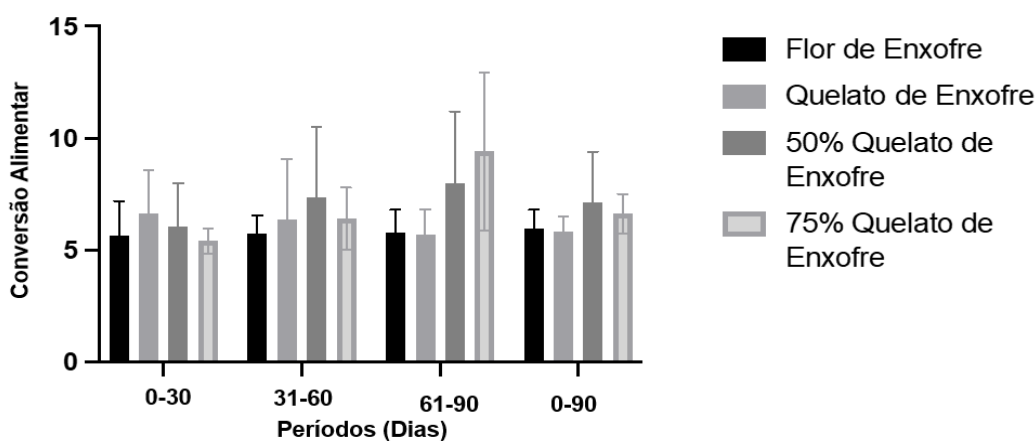
De acordo com a Figura 1, nos dois primeiros períodos (de 0 a 30 dias e de 31 a 60 dias) não houve diferenças significativas no desempenho animal entre os tratamentos, já no último período, entre 61 e 90 dias houve um menor desempenho dos animais dos grupos de tratamento com 50% da dose de quelato de 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 et al., 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 2.



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):

$$CA = IMS/GMD$$

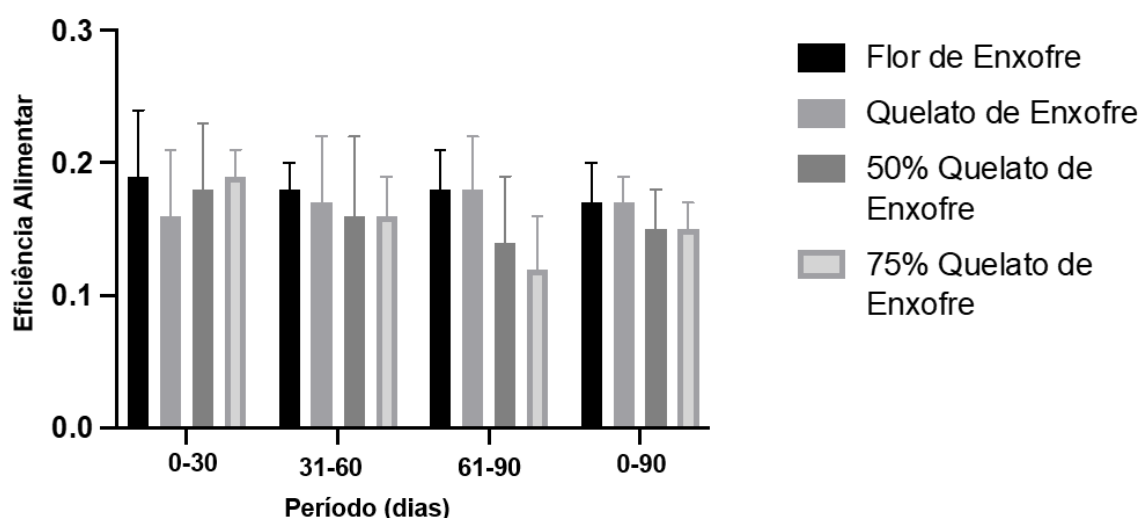
Para bovinos de corte, a CA representa a taxa que o animal converteu o alimento consumido em carcaça (LIMA et al., 2015). A CA em bovinos de corte também é influenciada pela composição do ganho em peso, ou seja, a eficiência de utilização da energia para ganho em peso é motivada pela composição corporal 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 3 está representada a eficiência alimentar (EA) nos grupos de tratamentos nos três períodos e na duração total do confinamento.

Figura 3 - Eficiência alimentar (kg ganho/kg MS) 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

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 et al., 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.

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 4 e 5 estão representadas as concentrações de enxofre encontrados no sangue e nas fezes de cada grupo de tratamento.

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

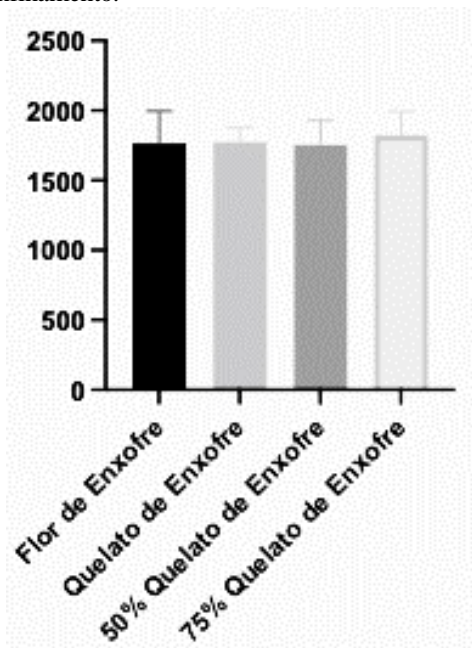
MS da dieta para condições brasileiras e que o nível máximo tolerado é de 0,4% da MS. Todos os tratamentos ficaram entre os níveis recomendados.

Tabela 4 - Resultado das comparações da concentração de enxofre presente nas amostras de sangue e fezes de novilhas ½ Nelore x ½ 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 4 - Concentrações de enxofre no sangue (mg/L) 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

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 & Masters (1997) e White et al. (1997). Ainda, Morrison, Murrari 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 et al. (1991), consideram os níveis críticos de enxofre no sangue de 1,6 $\mu\text{g/mL}$ e abaixo de 1,0 $\mu\text{g/mL}$, 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.

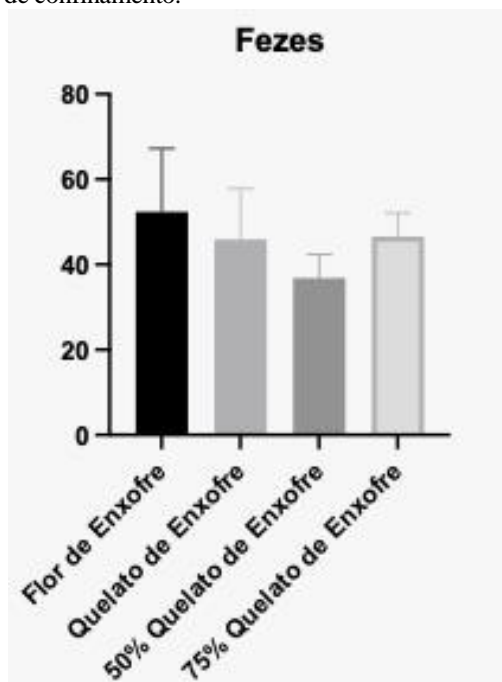
Saran Netto (2006) avaliou a concentração de enxofre sanguíneo (μg) em bovinos suplementados com

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 et al. (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 4, 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.

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 a excreção de minerais e os riscos ao meio ambiente.

Figura 5 - 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

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.

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

ARAÚJO, G.G.L.; DA SILVA, J.F.C.; VALADARES FILHO, S.C.; CAMPOS, O.F.; SIGNORETTI, R.D.; TURCO, S.H.N. Consumo e absorção aparente de macroelementos minerais em bezerros alimentados com dietas contendo diferentes níveis de volumoso. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 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.; RENAND, G.; KRAUSS, D. 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, 2001.
- ASHMEAD, 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
- BHOSALE, T.R.; ANTRE, G.R.; KUMAR, D.; PANDEY, R.K. Effect of chelated minerals supplement on milk yield and composition of Sahiwal and Hariana Cows. **Asian Journal of Dairy and Food Research**, v. 40, n. 2, p. 189-192, 2021.
- 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.
- LIMA, R.S.; GOMES, J.A.F.; SILVA, E.G.; MIRANDA, T.L.; AQUINO, R.S.; SILVA, A.F. Parâmetros nutricionais em bovinos de corte: Revisão sobre consumo, digestibilidade e conversão alimentar. **PUBVET**, v. 9, p. 101-157, 2015.
- 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.
- FERNANDES, H.J.; PAULINO, M.F.; MARTINS, R.R.; FILHO, S.C.V.; TORRES, R.A.; PAIVA, L.M.; MORAES, G.F.B.K. 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**, v.33, p.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.
- GIACOMEL, A.; FREITAS, T.C.; COSTA, A.L.B.; SBARDELLOTTO, E.M.; BERGMANN, E.; DEBORTOLI, E.C. Mineral supplementation for beef cattle – a meta-analysis. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 3, 2022.
- GIL, L.A.; SHIRLEY, R.L.; MOORE, J.E. Effect of methionine hydroxy analog on bacterial protein synthesis from urea and glucose, starch or cellulose by rumen microbes, in vitro. **Journal of Animal Science**, v.37, p.159-66, 1973.
- GOBESSO, A.A.O.; WAJNSZTEJN, H.; RIBEIRO, R.M.; BASTOS, F.L.; ETCHICHURY, M.; ARAÚJO JÚNIOR, A.M.C. Comparison between different sources of minerals in horses with nutritional secondary hyperparathyroidism. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 73, p. 73-81, 2021.
- 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.
- 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. **Archiv für Tierernaehrung**, v.41, p.725-736, 1991.
- HOLUB JUNIOR, J.C. **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**, v. 60, p.115-141, 1999.
- JOHNSON, W.H., GOODRICH, R.D.; MEISKE, J.C. Metabolismo f radioactive sulfúrio from elemental sulfúrio, sodium sulfato and methionine by lams. **Journal of Animal Science**, v.32, p. 778-85, 1971.
- JUNQUEIRA, O. M. **Nutrição animal – Quelatos na alimentação animal**–Boletim técnico. 2008.
- KONZEN, E.A.; ALVARENGA, R.C. **Manejo e utilização de dejetos animais: aspectos agrônômicos 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.
- MATA, G.; MASTERS, D.G. Production and glutathione responses to rumen-protected methionine in young sheep grazing dry pastures over summer and autumn. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.48, p. 1111-20, 1997.
- MENDES, E.D.M.; CAMPOS, M.M. Eficiência alimentar em bovino de corte. **Informe Agropecuário**, v.37, n.292, p. 28-38, 2016.
- 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, 2020.

- MOTTIN, C.; PRADO, I.N.; CHEFER, D.M.; EIRAS, C.E.; RIVAROLI, D.C. Suplementação com minerais quelatados em bovinos: uma revisão. **Campo Digital**, v.8, n.2, 2013.
- NRC - NATIONAL ACADEMIES OF SCIENCES, ENGINEERING, AND MEDICINE et al. **Nutrient requirements of beef cattle**. 2016.
- PALMA, A.S.V.; BARRA, C.N.; HERLING, V.R.; GOMIDE, C.A.; SARAN NETTO, A. Suplementação com aditivos nutricionais e minerais orgânicos no desempenho de bezerros Nelore recém-desmamados em pastagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, p. 1071-1078, 2015.
- 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.
- SILVA, G.G. da. **Minerais orgânicos na dieta de vacas leiteiras no período de transição**. 2021, 123 p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo, 2021
- SLYTER, L.L., CHALUPA, W. AND OLTJEN, R.R. Response to elemental sulphur by calves and sheep fed purified diets. **Journal of Animal Science**, v.66, p.1016–1027, 1988.
- SOARES, M. S. Uso de leveduras vivas e minerais quelatados como alternativa a monensina sódica em dietas de alta proporção de concentrado para bovinos nelore terminados a pasto. 2020. 112 p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2020.
- SPEARS, J.W. Organic trace minerals in ruminant nutrition. **Animal Feed Science and Technology**, v.58, p. 151-163, 1996.
- 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.
- VALADARES FILHO, S.C.; LOPES, S.A.; CHIZZOTTI, M.L.; SILVA, F.A.S.; MARTINS, G.S.; FIALHO, L.B.; CABRAL, M.A.A.M.; SILVA, L.O.M. **BR-CORTE 4.0. Formulação de dietas, predição de desempenho e análise econômica de zebuínos puros e cruzados**. 2020. Disponível em www.brcorte.com.br.
- WESTON, R.H.; LINDSAY, J.R.; PURSER, D.B.; GORDON, G.L.R.; DAVIS, P. Feed intake and digestion responses in sheep to the addition of inorganic sulphur to a herbage diet of low sulphur content. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.39, p.1107–1119, 1988.
- WHITE, C.L.; KUMAGAI, H.; BERNES, M.J. The sulphur and selenium status of pregnant ewes grazing Mediterranean pastures. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.48, p. 1081-1087, 1997.