

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL
CURSO DE MESTRADO**

**SUPLEMENTO MINERAL EM PÓ OU AGLOMERADO PARA
BOVINOS EM PASTEJO: resposta animal e alterações físicas e
químicas da mistura**

Manoel Gustavo Paranhos da Silva

Campo Grande, MS

2021

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL
CURSO DE MESTRADO**

**SUPLEMENTO MINERAL EM PÓ OU AGLOMERADO PARA
BOVINOS EM PASTEJO: resposta animal e alterações físicas e
químicas da mistura**

**POWDER OR AGGLOMERATED MINERAL SUPPLEMENT
FOR GRAZING CATTLE: animal response and physical and
chemical changes of the mixture**

Manoel Gustavo Paranhos da Silva

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo da Costa Gomes

Dissertação apresentada a Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, como requisito à obtenção de título de Mestre em Ciência Animal.
Área de concentração: Produção Animal.

Campo Grande, MS, 2021

Dedicatória

Aos meus pais, Edson e Eusebia (*in memoriam*), e irmãos, Marcos, Fátima e Vitória por todo amor e incentivo prestado.

Dedico

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela vida e por tudo que sou.

A Universidade Federal de Mato Grosso do Sul- UFMS e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal- PPGCA, pela oportunidade e por todo suporte durante o mestrado.

À CAPES pela bolsa de estudos concedida.

Ao professor Rodrigo da Costa Gomes pela orientação, confiança, conhecimentos passados e oportunidades proporcionadas.

À professora Denise Baptaglin Montagner pela coorientação, ensinamentos e parceria durante a realização do estudo.

Ao Centro Nacional de Pesquisa em Gado de Corte- CNPGC, Embrapa Gado de Corte, por ter disponibilizado instalações e recursos para a realização do trabalho.

À Connan Nutrição Animal pela parceria e efetiva participação no desenvolvimento deste estudo e ao Marcio Bonin por toda disponibilidade em ajudar.

A todos funcionários da Embrapa Gado de Corte e Unipasto pelas inúmeras contribuições na realização do experimento, em especial ao Sr. Josias, Sr. Valter e Agnelson que foram parceiros nas atividades diárias.

Aos amigos Leandro Gurgel e Juliana Santana, companheiros de apartamento, parceiros de muitos momentos.

Aos amigos e companheiros dos grupos de pesquisa Thiago Araújo, Andrei Neves, Douglas Gomes, Karla Latta, Luana Caramalac, Nathália Fidelis, Christian Borges, Nickson Correa, Miguel Calderon e Ana Paula por toda ajuda e apoio.

Aos amigos Flávio Coelho, Eduardo Assis, Ângelo Arcanjo, Luís Medina suporte em diferentes momentos deste trabalho.

A todos os estagiários e alunos da Agroescola Embrapa por toda ajuda nas coletas de campo e nos laboratórios.

E a todos que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste estudo.

Epígrafe

*A grandeza da vida não consiste em não cair nunca, mas em
levantarmos cada vez que caímos.*

(Nelson Mandela)

RESUMO

SILVA, M. P. S. Suplemento mineral em pó ou aglomerado para bovinos em pastejo: resposta animal e alterações físicas e químicas da mistura. 2021. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, 2021.

RESUMO: Três experimentos foram realizados com o objetivo de comparar diferentes suplementos minerais e avaliar seus efeitos sobre a resposta animal e modificações químicas e físicas quando expostos ao ambiente e ao consumo por bovinos em pastejo. Em todos os experimentos foram usados bovinos de corte na fase de crescimento (com peso inicial médio de 220 ± 29 no experimento 1, 252 ± 32 (fêmeas) e 257 ± 31 (machos) no experimento 2 e 205 ± 15 no experimento 3, distribuídos nos seguintes tratamentos: SPD- Suplemento em pó fornecido em cocho descoberto; SAD Suplemento aglomerado fornecido em cocho descoberto (Experimentos 1, 2 e 3) e SPC- Suplemento em pó fornecido em cocho coberto (apenas no Experimento 3). Foi avaliado o ganho médio diário (GMD), desaparecimento de suplemento, força para penetração (FP), composição química das sobras, concentração de minerais nas fezes, níveis séricos de Ca, P e Mg. No experimento 1, não foram observados efeitos significativos do tipo de suplemento sobre GMD e na concentração de minerais nas fezes ($P > 0,05$). Houve tendência de maior desaparecimento de suplemento em g/dia ($P < 0,10$), enquanto o desaparecimento em g/kg PV/dia foi maior no tratamento SPD em comparação ao SAD ($P < 0,05$). Não foi observada diferença significativa sobre os teores Na e Ca nas sobras ($P > 0,05$). Os demais elementos apresentaram diferença significativa, sendo os teores de P, Mg e Cu superiores nas sobras do tratamento SPD, e Zn e Mn no SAD. Menores valores para FP foram registrados no SAD ($P < 0,05$). No experimento 2, houve tendência de maior GMD no tratamento SAD em comparação ao SPD ($P < 0,10$). Não foi observado efeito significativo sobre o desaparecimento de suplemento e nas concentrações de minerais nas fezes ($P > 0,05$). Houve efeito significativo do tipo de suplemento sobre a concentração Na, Ca, Mg, Cu, Zn e Mn nas fezes ($P < 0,05$), sendo maiores teores de Na e Mg encontrados no tratamento SPD, enquanto os demais elementos foram superiores no SAD. Não foi observada diferença na concentração de P nas fezes. Não houve diferença para FP no dia 2 ($P > 0,05$), nos demais dias de avaliação foram observados menores valores no tratamento SAD. No experimento 3, não houve efeito significativo dos tratamentos sobre o GMD e as concentrações de Ca, Mg, Zn e Mn nas fezes ($P > 0,05$). Houve tendência de maior desaparecimento de suplemento em g/dia e em g/kg PV/dia

no tratamento SAD ($P < 0,10$). A concentração de Na nas fezes foi maior no tratamento SAD. Foi observada tendência para maior concentração de P e Cu no tratamento SPD ($P < 0,10$). Os teores de P, Cu, Zn e Mn nas sobras foram maiores no tratamento SAD, enquanto os teores de Na foi superior no SPC. Menores concentrações de Ca foram registradas no tratamento SPC, enquanto o Mg apresentou menor concentração no tratamento SAD. Houve diferença significativa na FP, com maiores valores no tratamento SPD a partir do 14º dia. A exposição ao ambiente pode alterar características químicas e físicas da massa de suplemento e a forma física do suplemento mineral pode influenciar as concentrações de Na e outros elementos, com possíveis reflexos sobre consumo, níveis séricos e perdas de elementos. A forma física do suplemento mineral ou estratégia de suplementação não afetou o desempenho animal. Suplementos aglomerados apresentam menor comportamento de compactação da sua massa.

Palavras-chave: Compactação, estação chuvosa, macrominerais, novilhos, suplementação mineral.

ABSTRACT

SILVA, M. P. S. Powder or granulated mineral supplement for grazing cattle: animal response and physical and chemical changes of the mixture. 2020. Dissertation (Master Degree) - College of Veterinary Medicine and Animal Science, Federal University of Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, 2020.

ABSTRACT: Three experiments were carried out with the aim of comparing different mineral supplements and evaluating their effects on animal response and chemical and physical changes when exposed to the environment and consumption by grazing cattle. In all experiments, beef cattle were used in the growth phase (with an average initial weight of 220 ± 29 in experiment 1, 252 ± 32 (females) and 257 ± 31 (males) in experiment 2 and 205 ± 15 in experiment 3, distributed in the following treatments: PSU- powdered mineral supplement in uncovered trough; ASU- mineral agglomerated supplement in uncovered trough (Experiments 1, 2 and 3) and PSC- powdered mineral supplement in covered trough (Experiment 3 only). Average daily gain (ADG), disappearance of supplement, strength for penetration (FP), chemical composition of leftovers, concentration of minerals in feces, serum levels of Ca, P and Mg were evaluated. In experiment 1, there were no significant effects of the type of supplement on ADG and on the concentration of minerals in the faeces ($P > 0.05$). There was a trend towards a greater disappearance of the supplement in $\text{g} / \text{day}^{-1}$ ($P < 0.10$), while the disappearance in $\text{g} / \text{kg PV} / \text{day}^{-1}$ was greater in the PSU treatment compared to the ASU ($P < 0.05$). There was no significant difference in the Na and Ca levels in the leftovers ($P > 0.05$). The other elements showed a significant difference, with the levels of P, Mg and Cu higher in the remains of the PSU treatment, and Zn and Mn in the ASU. Lower values for FP were recorded in the ASU ($P < 0.05$). In experiment 2, there was a tendency for greater ADG in the ASU treatment compared to the PSU ($P < 0.10$). There was no significant effect on the disappearance of supplement and mineral concentrations in faeces ($P > 0.05$). There was a significant effect of the type of supplement on the concentration of Na, Ca, Mg, Cu, Zn and Mn in the faeces ($P < 0.05$), with higher levels of Na and Mg found in the PSU treatment, while the other elements were higher in the ASU. There was no difference in the concentration of P in the stool. There was no difference for FP on day 2 ($P > 0.05$), on the other evaluation days, lower values were observed in the ASU treatment. In experiment 3, there was no significant effect of treatments on ADG and Ca, Mg, Zn and Mn concentrations in faeces ($P > 0.05$). There was a trend towards greater disappearance of supplement in $\text{g} \text{ day}^{-1}$ and in $\text{g} \text{ kg PV}^{-1} \text{ day}^{-1}$ in the ASU treatment ($P < 0.10$). The concentration

of Na in the feces was higher in the ASU treatment. A trend towards a higher concentration of P and Cu was observed in the PSU treatment ($P < 0.10$). The contents of P, Cu, Zn and Mn in the leftovers were higher in the ASU treatment, while the Na contents were higher in the SPC. Lower Ca concentrations were recorded in the SPC treatment. While Mg showed lower concentration in the SAD treatment. There was a significant difference in FP, with higher values in the PSU treatment after the 14th day. Exposure to the environment can alter the chemical and physical characteristics of the supplement mass and the physical form of the mineral supplement can influence the concentrations of Na and other elements, with possible effects on consumption, serum levels and losses of elements. The physical form of the mineral supplement or supplementation strategy did not affect animal performance. Agglomerated supplements show less compaction behavior for their mass. Estimates indicate that even after different periods of exposure, mineral supplements in powder or agglomerate meet the nutritional requirements of grazing cattle.

Keywords: Compaction, rainy season, macrominerals, steers, mineral supplementation.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Precipitação pluviométrica acumulada ao longo dos experimentos realizados.....	46
Tabela 2- Características estruturais e composição química dos pastos durante os experimentos	58
Tabela 3- Desempenho animal, desaparecimento de suplemento e concentração de minerais nas fezes.....	59
Tabela 4- Modificação na concentração de macro e microelementos de suplementos minerais expostos ao ambiente e pelo consumo por bovinos.....	61
Tabela 5- Desempenho animal, desaparecimento de suplemento e concentração de minerais nas fezes de bovinos recebendo suplementação mineral em pó ou aglomerado	63
Tabela 6- Modificação na concentração de macro e microminerais de suplementos minerais em pó ou aglomerado expostos ao ambiente e consumo animal	64
Tabela 7- Desempenho animal, desaparecimento de suplemento, concentração de minerais nas fezes e no sangue de bovinos recebendo suplementação mineral em pó ou aglomerado fornecidos em cochos cobertos e descobertos	66
Tabela 8- Modificação na concentração de macro e microelementos de suplementos minerais expostos ao ambiente e pelo consumo por bovinos.....	68

Lista de figuras

- Figura 1-** Dinâmica de compactação de suplementos minerais expostos ao ambiente e aos animais. ns = não significativo ($P > 0,05$), * = $P < 0,05$ e ** = $P < 0,001$ 62
- Figura 2-** Dinâmica de compactação de suplementos minerais expostos ao ambiente e aos animais. ns = não significativo ($P > 0,05$), * = $P < 0,05$ e ** = $P < 0,001$ 65
- Figura 3-** Dinâmica de compactação de suplementos minerais expostos ao ambiente e aos animais. ns= não significativo, **= $P < 0,001$ 69

Lista de abreviaturas e siglas

Al	Alumínio
Ca	Cálcio
Cr	Cromo
Cu	Cobre
D0	Dia 0
D14	Dia 14
D21	Dia 21
D7	Dia 7
EE	Extrato etéreo
FDA	Fibra em detergente ácido
FDN	Fibra em detergente neutro
Fe	Ferro
FP	Força para penetração
GMD	Ganho médio diário
GP	Ganho de peso
I	Iodo
K	Potássio
Mg	Magnésio
MM	Matéria mineral
Mn	Manganês
Mo	Molibdênio
Na	Sódio
P	Fósforo
PB	Proteína bruta
ppm	Partes por milhão
RP	Resistência a penetração
SAD	Suplemento aglomerado fornecido em cocho descoberto
SC	Sal comum
Se	Selênio
SP	SC + fosfato bicálcico
SPC	Suplemento em pó fornecido em cocho coberto
SPD	Suplemento em pó fornecido em cocho descoberto
SPM	SP + S+ microminerais
TEC	Tonelada equivalente carcaça
Zn	Zinco

SUMÁRIO

1 REVISÃO DE LITERATURA	16
1.1 Panorama da pecuária de corte.....	16
1.2 Produção de bovinos de corte em pastos: principais características	18
1.3 Suplementação mineral de bovinos de corte em pastagens	20
1.4 Deficiências de minerais em bovinos de corte	22
1.5 Modalidades de suplementação mineral.....	28
1.6 Perdas de suplementos, compactação, fatores que afetam o consumo	33
2 REFERÊNCIAS	34
3 SUPLEMENTO MINERAL EM PÓ OU AGLOMERADO PARA BOVINOS EM PASTEJO: resposta animal e alterações físicas e químicas da mistura	42
4 INTRODUÇÃO	44
5 MATERIAL E MÉTODOS	46
5.1 Suplementos avaliados	46
5.2 Experimento 1	47
5.2.1 Animais, período e áreas experimentais.....	47
5.2.2 Tratamentos e procedimentos para suplementação	48
5.2.3 Coletas e avaliações	48
5.3 Experimento 2.....	50
5.3.1 Animais, período e áreas experimentais.....	50
5.3.2 Tratamentos e procedimentos para suplementação	50
5.3.3 Coletas e avaliações	51
5.4 Experimento 3	51
5.4.1 Animais, período e áreas experimentais.....	51
5.4.2 Tratamentos e procedimentos de suplementação	51
5.4.3 Coletas e avaliações	52
5.5 Avaliação de forragem	53
5.6 Análises laboratoriais	54
5.7 Procedimentos estatísticos	55
6 RESULTADOS	56
6.1 Caracterização da forragem nos experimentos realizados	56
6.2 Experimento 1	58

6.2.1 <i>Desempenho animal, desaparecimento de suplemento e concentração de minerais nas fezes</i>	58
6.2.2 <i>Modificação na concentração de macro e microminerais nos suplementos fornecidos</i>	60
6.2.3 <i>Compactação da massa de suplemento</i>	61
6.3 Experimento 2	62
6.3.1 <i>Desempenho animal e desaparecimento de suplemento</i>	62
6.3.2 <i>Modificação na concentração de macro e microminerais nos suplementos fornecidos</i>	63
6.3.3 <i>Compactação da massa de suplemento</i>	65
6.4 Experimento 3	65
6.4.1 <i>Desempenho animal e desaparecimento de suplemento</i>	65
6.4.2 <i>Composição do suplemento fornecido e das sobras</i>	67
6.4.3 <i>Compactação da massa de suplemento</i>	69
7 DISCUSSÃO	70
8 CONCLUSÃO	73
9 REFERÊNCIAS	74

1 REVISÃO DE LITERATURA

1.1 Panorama da pecuária de corte

A pecuária de corte brasileira vem se consolidando no cenário mundial como importante produtora de carne bovina. Com um sistema de produção competitivo, capaz de atender pressões impostas pelo mercado consumidor nos mais diversos aspectos, a produção brasileira atinge um amplo e diversificado mercado (FERRAZ & FELÍCIO, 2010). O crescimento registrado nos últimos anos é resultado da associação de mudanças ocorridas em vários elos da cadeia produtiva, como o desenvolvimento e aplicação de pesquisas, adoção de melhores práticas no sistema de produção, modernização no processamento, adequação a exigências e abertura de novos mercados (EUCLIDES FILHO, 2007; CARRER & CARRER, 2014; ABIEC, 2020).

Dados publicados pela ABIEC (2020) demonstram posição de destaque do Brasil frente ao mercado mundial de carne bovina. O rebanho de bovinos no país em 2019 foi de cerca de 213,68 milhões de cabeças, sendo abatidos 43,3 milhões de cabeças. Em relação ao ano anterior, que abateu 44,23 milhões de cabeças, houve queda de 2,1%. No entanto, no mesmo período houve aumento de 12,2% nas exportações de carne bovina, que foi influenciada pela ampliação no mercado e aumento no volume exportado para alguns países.

Os valores apresentados, são indicativos da importância da atividade para a produção de proteína animal e na geração de renda para o país. Com o crescimento da produção e exportações a pecuária de corte passa contribuir ainda mais para a economia do país, que registrou participação de 8,5% do PIB em 2019. Ademais, é uma atividade com potencial para crescimento e geração renda (BARBOSA et al., 2014), mesmo em momento de grave crise econômica e sanitária. Apesar do país estar em meio a uma pandemia global, as projeções para a indústria da carne é seguir crescendo. Adequações estão sendo feitas em toda cadeia produtiva para garantir aumento na produção e distribuição da carne brasileira.

O primeiro lugar do Brasil no ranking de exportações de carne bovina é reflexo de uma cadeia produtiva que está em constante modernização e adequações (EUCLIDES FILHO, 2007; CARRER & CARRER, 2014). No entanto, considerando alguns índices produtivos lançados pela ABIEC (2020) como as taxas de ocupação e desfrute, que registraram em torno de 1,06 UA/ha e 20,9%, respectivamente, demonstram baixa eficiência do setor. Em contrapartida, estes baixos índices revelam o grande potencial da pecuária de corte, que pode aumentar consideravelmente a produção sem precisar de novas áreas (DIAS-FILHO, 2014; MANDARINO et al., 2019).

Comparando os índices da produção de carne no Brasil, com os dados dos EUA, maior produtor mundial de carne bovina, é possível verificar diferenças significativas relacionadas ao rebanho total e quantidade produzida. Enquanto em 2019 com um rebanho de 213,7 milhões de cabeças, o Brasil produziu 10,5 milhões/ toneladas equivalente carcaça (TEC), os EUA com um rebanho de apenas 94,5 milhões de cabeças produziram cerca de 12,3 milhões/TEC ABIEC (2020). Essa diferença é justificada principalmente pelo sistema de produção intensivo e animais de alto potencial genético (FRANCO et al., 2014).

A baixa produtividade ainda apresentada pela pecuária de corte pode ser entendida como reflexo de uma atividade que se desenvolveu de forma exploratória durante muitos anos (CEZAR, 2005). De maneira geral, ao longo dos anos as áreas destinadas a criação de bovinos sempre foram consideradas marginais (CEZAR, 2005; FERRAZ & FELÍCIO, 2010; DIAS-FILHO, 2014), uma vez que solos com aptidão para agricultura são destinados para a produção de grãos. No entanto, crescimentos significativos da pecuária de corte vêm sendo constatados ao longo dos anos, demonstrando que esta é uma atividade promissora para o país (LEMOS, 2013).

Diversos fatores vêm contribuindo para melhorar os índices produtivos da pecuária de corte. Dentre eles, desenvolvimento de pesquisas e crescente aplicação focadas em solucionar problemas e aumentar a eficiência em diversos setores da cadeia produtiva, pastagem, nutrição, reprodução, sanidade, genética entre outros (EUCLIDES FILHO, 2007; BARBOSA et al., 2014). Outras características que influenciaram para o crescimento e consolidação da produção de carne bovina foram as condições ambientais favoráveis, ausência de doenças que acometem os rebanhos, adoção de tecnologias pelos produtores e modernização do setor de processamento (FERRAZ & FELÍCIO, 2010; DIAS-FILHO, 2014).

No contexto mundial a pecuária de corte brasileira enfrenta novos desafios. Dentre eles, o de aumentar a produção por unidade de área, preservando os recursos naturais e as vantagens competitivas que o país conquistou ao longo dos anos. Para isso, o uso de tecnologias e melhores práticas de gestão serão fundamentais para a conquista de incrementos na produção. Dessa forma, é esperado que produtores adotem cada vez mais sistemas intensivos de produção, seja por meio da inclusão de concentrados na alimentação dos animais, escolha de animais de genética superior para produção de carne, melhores práticas de manejo do pasto ou junção de todas essas características dentro do sistema (POLAQUINI et al., 2006; VIU, et al., 2007; MARTINS, 2019).

Perspectivas futuras colocam a região Norte como grande potencial para a produção de bovinos de corte no país. Assim também, como as regiões com pastagens degradadas que devem

se consolidar na produção de proteína animal à medida de adotem tecnologias adequadas para recuperação de pastagens e melhoria dos índices zootécnicos. Pode-se prever que não haverá aberturas de novas áreas nativas e que técnicas modernas serão adotadas para intensificar a produção e uso de áreas que no passado foram abandonadas (DIAS-FILHO, 2014; MANDARINO et al., 2019). Nesse sentido, estratégias de desenvolvimento da pecuária devem ser traçadas levando em conta a conservação do meio ambiente, considerando que este foi um fator importante para a conquista de mercados e pode sustentar a superioridade do Brasil em produção de carne em relação aos concorrentes (SOARES-FILHO et al., 2015).

1.2 Produção de bovinos de corte em pastos: principais características

O Brasil apresenta diversificados sistemas de produção de bovinos de corte. Este fato é justificado pela dimensão territorial do país, por fatores socioeconômicos e pela ocorrência de muitos ecossistemas (CEZAR, 2005). Dessa forma, os sistemas de produção, que antes eram classificados de pelo regime alimentar, atualmente são diferenciados de acordo com os níveis de tecnologia adotados pelo produtor, que pode ser baixo, médio e alto. Este novo modelo de classificação, considera as tecnologias usadas em áreas específicas dentro do sistema de produção, como por exemplo aplicação de técnicas de reprodução ou fornecimento de alimentos concentrados.

Na pecuária de corte brasileira, é predominante o uso do sistema extensivo, ou seja, baixa aplicação de tecnologia, entretanto, nos últimos anos é notório o crescimento dos sistemas semi-intensivo e intensivo, aos quais necessitam de maiores investimentos. Alguns aspectos que podem ajudar a entender a mudança no perfil do sistema de produção é a mudança do perfil do pecuarista, o aumento da ocupação das áreas de pastagens para produção de grãos e outras culturas (CEZAR, 2005), restrições ambientais (CARDOSO et al., 2016), pressão imposta pelo mercado consumidor, seja por questões de qualidade do produto ou pela obtenção de benefícios financeiros pela redução na emissão de gases poluentes (GERSSEN-GONDELACH, et al., 2017) e a implantação de técnicas que permitiram elevar a produção animal (CARRER & CARRER, 2014).

De acordo com dados publicados pela ABIEC (2020), é possível verificar a redução na ordem 39,4% no abate de animais com mais de 40 meses de idade entre os anos de 1997 e 2019 e aumento de 6,4% em 2001 para 14,06% em 2019 no abate de animais terminados em confinamento. Tais informações ajudam a entender a evolução da pecuária de corte, e que as transformações só foram possíveis porque houve o desenvolvimento de pesquisas e tecnologias que impulsionaram todos os elos da cadeia produtiva. No entanto, ainda há um longo caminho

a ser percorrido para que a atividade seja realmente considerada eficiente em todos os segmentos (MARTINS, 2019).

O Brasil situa-se em segundo lugar no ranking mundial em produção de carne bovina, sendo registrada em 2019 a produção de 10,49 milhões de toneladas equivalente carcaça - TEC (ABIEC, 2020). Apesar de estar entre os maiores produtores de carne bovina do mundo, os índices de produção observados no país demonstram baixo desempenho produtivo da atividade. A alta produção registrada no país nos últimos anos não é apenas reflexo do aumento dos sistemas intensivos de produção, ainda está relacionado com um rebanho numeroso, no qual apresenta baixa produtividade. Dentre os fatores relacionados a baixa produção de bovinos criados a pasto, destacam-se como principais, o manejo inadequado e a sazonalidade na produção e qualidade dos pastos tropicais (MONTAGNER et al, 2014). Além dos pontos citados, o mal gerenciamento e a falta de planejamento da atividade tem sido destacado como determinantes para o sucesso da atividade, mas que tem recebido pouca atenção dentro do sistema de produção (COSTA, 2006).

O desempenho produtivo de animais mantidos em pastagem é dependente dos nutrientes que são fornecidos pela forragem (FRANCO et al., 2014). Dessa forma, pastagens bem manejadas podem fornecer quantidade adequada de nutrientes para obter um bom desempenho animal. No entanto, de acordo com Dias-Filho (2014) o Brasil possui em torno de 100 milhões de hectares de pastagem em situação de moderada e forte degradação. Neste cenário, a produção e teores de nutrientes do pasto são atingidas negativamente, e o animal por sua vez terá menos forragem disponível e com qualidade reduzida, sendo estes fatores determinantes para o baixo desempenho animal (NICODEMO et al., 2008). A soma dos fatores citados caracteriza a atividade como ineficiente. Dessa forma, tecnologias devem ser incorporadas ao sistema de produção com o intuito de tornar a atividade mais lucrativa e sustentável (SANTOS, 2018).

Euclides (2000) ressaltou que a capacidade da pastagem de atender as exigências nutricionais do animal varia de acordo com a estação do ano, e que mesmo em ótimas condições é suficiente para atender apenas 35 a 50% das exigências, que bovinos de alto potencial para ganho de peso necessitam para expressar seu máximo potencial. Como agravante para os sistemas de produção em pastagem, Canesin et al. (2007) afirmaram que no período seco do ano as gramíneas tropicais apresentam baixo valor nutritivo, que em geral o teor de proteína está abaixo de 7% de PB, limitando a atividade dos microrganismos ruminais, além da elevada capacidade de enchimento proporcionado pela baixa degradabilidade da porção fibrosa. Dessa forma, produtores são pressionados a buscar soluções para reduzir os efeitos negativos da

restrição de nutrientes, imposta pela sazonalidade quali-quantitativa do pasto, buscando sempre maximizar sua produção (FRANCO et al., 2014).

Neste contexto, o fornecimento de nutrientes que podem estar em deficiência no pasto através da suplementação é uma ferramenta importante para assegurar que as exigências dos animais serão atendidas, evitando a perda de peso ou gerando ganhos. Dessa maneira, a suplementação em pastagens atua em associação com a forragem disponível, e proporciona à microbiota ruminal aporte de substratos deficientes no pasto (PAULINO et al., 2004a), tornando o ambiente ruminal mais propício para degradar fibras de menor qualidade. Garantindo, dessa forma, maior eficiência no consumo, digestibilidade e absorção dos nutrientes da forragem (PEREIRA et al., 2008).

Os suplementos podem ser classificados quanto aos teores de nutrientes que apresentam. De acordo com a Instrução Normativa 12/2004 MAPA são definidos como suplemento mineral, suplemento mineral com uréia, suplemento mineral proteico e suplemento mineral proteico energético. O uso de cada um depende da época do ano, categoria animal e objetivos a serem alcançados. Além dos tipos de suplementos supra citados, o fornecimento de minerais também é uma forma de suplementação, visto que o intuito é fornecer elementos minerais que são deficientes na dieta do animal. Esta, por sua vez é recomendada para ser fornecida para todas as categorias animal, por todas as fases da vida e todas as épocas do ano (PEDREIRA & BERCHIELLI, 2011).

1.3 Suplementação mineral de bovinos de corte em pastagens

Os minerais são elementos inorgânicos essenciais na constituição do corpo, manutenção da saúde e produtividade animal (NRC, 2016). De acordo com Underwood & Suttle (1999), os animais apresentam de 20 a 30 minerais em seus tecidos, sendo estes importantes para garantir as principais funções estrutural, fisiológica, catalítica e regulatória. No entanto, os autores consideram que apenas 22 minerais são essenciais para bovinos de corte por terem suas funções conhecidas. Além das funções descritas por Underwood & Suttle (1999), Valadares Filho et al. (2016) consideram a regulação da resposta imune mais uma função dos minerais, no organismo animal.

O NRC (2016) relaciona que 17 minerais são essenciais para a nutrição de bovinos de corte, sendo divididos em sete macrominerais, cálcio (Ca), fósforo (P), magnésio (Mg), potássio (K), sódio (Na), enxofre (S) e cloro (Cl); e dez microminerais: cobalto (Co), cobre (Cu), iodo (I), selênio (Se), ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn), molibdênio (Mo), cromo (Cr) e níquel (Ni). De acordo com Underwood & Suttle (1999), além dos elementos descritos pelo NRC

(2016), a lista inclui mais cinco microminerais: estanho (Sn), vanádio (V), flúor (F), silício (Si) e arsênio (As). Ainda, de acordo com os autores, os elementos alumínio (Al), chumbo (Pb) e rubídio (Rb) juntamente com Cr, Sn, V, F, Si e As, não possuem comprovação prática na nutrição de bovinos, algumas respostas foram obtidas em condições de laboratório, em ambiente altamente controlado. Ademais, os elementos Al, Pb podem ser considerados contaminantes em suplementos minerais quando apresentados em níveis acima do limite aceitável (NICODEMO, 2001). A nomenclatura macro e microminerais está relacionada com a quantidade de minerais requeridas pelos animais, sendo as macrominerais demandadas em maiores quantidades (g/kg ou % MS) e os microminerais em menores quantidades (mg/kg ou ppm).

A essencialidade de um elemento mineral é determinada para aqueles minerais que tem função metabólica conhecida no corpo do animal. Pesquisas desenvolvidas para determinar a função de um mineral avaliam dietas purificadas para definir os sintomas de deficiência e a partir de então avaliar se os sintomas desaparecem com a adição do elemento na dieta (McDONALD et al., 2011).

As exigências de minerais em bovinos são supridas através da água, forragem e suplementos. O consumo de terra, geofagia, pode também ser uma fonte de minerais para o animal, entretanto, quando esse comportamento é observado fica claro que está ocorrendo problemas no fornecimento de misturas minerais ou manejo incorreto da pastagem. Apesar do animal ingerir alguns minerais, Co e I, através do consumo de terra, esta não é uma via de consumo indicada, uma vez que problemas relacionados a intoxicação e antagonismos podem acometer os animais (MARINO & MEDEIROS, 2015). O fornecimento de minerais aos animais se deu inicialmente com o intuito de fornecer o mínimo de elementos necessários para evitar a deficiência e minimizar seus efeitos negativos sobre produção animal. Com o passar dos anos, o uso de elementos minerais na nutrição animal passou a ser recomendado de acordo com as exigências específicas da categoria animal e estágio fisiológico. Descobriu-se então que além das funções já conhecidas, determinados minerais podem ter efeitos positivos sobre a imunidade ou na reprodução, e assim passaram a ser fornecidos de forma estratégica (NICODEMO et al., 2008).

Assim como outros nutrientes da dieta, é necessário conhecer as exigências de minerais para determinada categoria animal para que sejam desenvolvidos suplementos que atendam a demanda nutricional sem que ocorra problemas por falta ou excesso de nutrientes. Fatores como características do solo, pluviosidade da região, deficiências de minerais, consumo estimado e

qualidade da dieta devem ser levados em conta na formulação adequada de um suplemento mineral (McDOWELL & CONRAD 1977).

As exigências totais de minerais são obtidas pela soma das exigências para manutenção mais as exigências para produção. A predição das exigências de minerais para bovinos é feita pelo método fatorial (ARC, 1980). As exigências dietéticas de minerais são obtidas pela soma das exigências líquidas para manutenção e produção, dividida pelo coeficiente de absorção. Os principais conselhos de exigências nutricionais (ARC, 1980; NRC, 2001 e 2016; CSIRO, 2007), desprezam os minerais perdidos via urina para estimar as exigências de minerais, considerando que são quantidades insignificantes. No entanto, Costa e Silva et al. (2015) verificaram perdas de minerais via urina que chegaram a 35% da quantidade consumida. Dessa forma o coeficiente de retenção expressa melhor a quantidade de minerais retida no corpo.

De acordo com o Valadares Filho et al. (2016), as exigências de minerais para bovinos de corte podem ser expressas pela quantidade diária, unidade de produto consumido ou em proporção da matéria seca. Fatores como raça, grupo genético, nível de produção, qualidade da dieta e ambiente são determinantes nas exigências de minerais por bovinos (PAULINO et al., 2004b; SUTTLE, 2010). Em relação ao suplemento, a biodisponibilidade dos elementos e a interação que ocorre entre minerais, antagonismo e agonismo, influenciam nas exigências pelos animais.

1.4 Deficiências de minerais em bovinos de corte

Bovinos criados em sistema de pastejo, em geral, não tem suas exigências de minerais supridas completamente pelas forrageiras, mesmo em pastagens com alto teor de nutrientes e cultivadas em ambiente adequado, com condições ideais de solo, chuva, temperatura e luminosidade. Apesar de apresentar quantidades adequadas de alguns minerais em alguma época do ano, é comum que teores inadequados de um ou mais minerais essenciais sejam encontrados, afetando o desempenho e a saúde animal (NICODEMO et al., 2008). Os indícios de subnutrição mineral são mais acentuados em animais de alto desempenho produtivo que possuem maior demanda por nutrientes (NRC, 2016).

Quando se discute suplementação de animais em pastagens, fontes de proteína e carboidratos são os nutrientes que primeiro são lembrados. No entanto, o fornecimento de minerais se constitui em uma forma de suplementação, e pode ser determinante para o sucesso do sistema de produção. O objetivo do fornecimento de minerais via suplemento é suprir as exigências do animal, maximizar o uso da forragem e melhorar o desempenho animal. Todavia, melhores resultados são obtidos quando se tem disponível pasto em boa quantidade e qualidade.

Por oferecer maior aporte de nutrientes aos animais, associado aos nutrientes fornecidos na suplementação, é na época chuvosa que são registradas maiores taxas de crescimento animal (NICODEMO et al., 2008).

A subnutrição mineral apresenta diversos graus, que vai do mais severo, quando o animal apresenta sintomas clínicos característicos, até os mais leves, quando é difícil diagnosticar. Este último, apesar de não causar problemas visíveis, é capaz de causar prejuízos significativos na fazenda, provocando redução nos índices produtivos, como por exemplo alterações no desempenho produtivo e reprodutivo, produção de leite, acabamento de carcaça e retardo de ganhos genéticos (TOKARNIA et al., 2000). Problemas como alotriofagia e osteofagia estão relacionados a deficiência de minerais, e podem levar a sérios prejuízos, entre eles a contaminação pela bactéria *Clostridium botulinum*, no qual produz uma toxina que causa o botulismo, e está entre os principais problemas em animais que roem ossos (TOKARNIA et al., 1970).

A qualidade da água tem grande importância para o consumo de minerais por bovinos mantidos em pastagens. A concentração de alguns minerais na água pode ser alta e influenciar na ingestão de outros minerais, como é o caso do Na. A ingestão de água com altos teores de Na interfere no consumo de suplemento mineral pelo fato que os animais perdem a atração pelo Na do suplemento, principal veículo para consumo dos demais minerais (NICODEMO et al., 2008). De acordo com Suttle (2010) altos teores de Ca, Mg e S na água de dessedentação podem interferir na ingestão de água e de suplemento mineral.

Na região do cerrado brasileiro, onde se concentra maior porcentagem do rebanho de corte do país, os principais minerais deficientes no solo são P, Na, Cu, Co, I e Zn (NICODEMO, 2001; NICODEMO et al., 2008). Conforme demonstrado por Dias-Filho (2014), as concentrações de minerais nas gramíneas dependem dos teores de minerais presentes no solo, da disponibilidade e da maturidade da planta forrageira. Nesta condição, o fornecimento de suplementos minerais se torna indispensável para que as demandas sejam atendidas e com isso seja possível maximizar a produção animal (McDOWELL & CONRAD 1977).

De acordo com Tokarnia et al. (2000), as primeiras pesquisas realizadas no Brasil sobre as deficiências de minerais em bovinos foram realizadas na década de 40 no estado de Minas Gerais. Na ocasião, o P foi o mineral diagnosticado como deficiente. Posteriormente, estudos demonstraram a deficiência de outros minerais. No entanto, foi a partir da década de 70, com a criação da Embrapa, que os estudos sobre deficiência e subdeficiência de minerais foram ampliados para todo território nacional.

O intuito das pesquisas era mapear as principais deficiências de minerais que afetavam a produção de bovinos no Brasil. Na época, pesquisadores do Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte, coletaram amostras de solo, forragens e tecidos animal de várias regiões do país, com histórico de deficiência mineral em bovinos, e analisaram quanto a concentração de minerais e relacionaram os resultados obtidos com o desempenho animal. O objetivo dos estudos foi identificar regiões que apresentavam deficiência, subdeficiência ou níveis elevados de minerais e desenvolver suplementos para corrigir os problemas encontrados (SOUSA, 1981). A prática de fornecer sal branco (NaCl) era comum nas fazendas e por vezes o fornecimento de cinzas misturada com sal.

McDowell & Conrad (1977) afirmaram que o fornecimento de suplementos minerais seria o fator de maior importância para produção de bovinos em pastagens para o momento que a pecuária estava passando em toda América Latina. Graves distúrbios metabólicos provocados pela deficiência ou toxicidade de minerais estavam entre os principais responsáveis pela baixa produtividade. Apesar de deficiências no suprimento de energia e proteína pelas forragens afetar a produção animal, os sinais clínicos indicavam problemas relacionados principalmente a deficiência de minerais ou por vezes, pelo excesso.

Estudos pioneiros realizados por Tokarnia et al. (1968, 1970, 1971) e Dayrell et al. (1973) demonstraram graves problemas causados pela deficiência de minerais na pecuária de corte. Dentre os principais impactos observados estavam a lento crescimento animal, intervalo entre parto de 24 meses, altas taxas de aborto e osteofagia e alotriofagia, como é caso do botulismo.

Posteriormente, a deficiência de macro e microminerais foi diagnosticada em diversos trabalhos desenvolvidos por Sousa et al. (1979, 1981, 1983, 1985, 1986, 1989,) sendo o P, Cu, Mn, Zn e Na os minerais que apresentaram maior deficiência. Além de fazer o levantamento das deficiências de minerais, alguns destes trabalhos tinham como proposta avaliar diferentes suplementos afim de corrigir as deficiências diagnosticadas. Em geral, os suplementos consistiam de cloreto de sódio (NaCl), NaCl + P, NaCl + P + microminerais (Co, Cu, Zn, I), eram fornecidos e impactos na produção animal avaliados. Em alguns trabalhos as respostas a suplementação mineral não pareciam evidentes no sistema de produção pela falta de outros nutrientes essenciais, proteína e energia ou pelo uso de adubação nas pastagens (COSTA et al., 1982). No entanto, mesmo não havendo diferença no desempenho animal, na grande maioria dos trabalhos avaliando o fornecimento de NaCl e misturas com mais minerais, a grande redução na mortalidade e ausência de sinais clínicos pela deficiência de minerais nos tratamentos com misturas mais completas, indicavam a importância de fornecer suplementos aos animais.

Segundo McDowell (1976), o P é o mineral de maior impacto econômico na produção animal e responsável por significativas melhoras nos índices reprodutivos. Aumentos expressivos na fertilidade de animais criados em pastagens em diversas regiões do mundo foram possíveis após a suplementação com P. Este elemento foi um dos primeiros minerais adicionados ao NaCl para compor os suplementos minerais. Atualmente, o P ainda é o elemento de maior custo de um suplemento e em termos quantitativos é um dos principais componentes de um suplemento mineral. O P tem grande importância na nutrição animal por ser o mineral que apresenta maior deficiência em solos das regiões do Brasil e diversas áreas de pastagens do mundo (TOKARNIA et al., 2000).

Pott et al. (1987), avaliando três diferentes suplementos, sal comum= SC, SC + fosfato bicálcico= SP e SP + S + micronutrientes (Zn, Cu, Co e I)= SPM, sobre características reprodutivas de novilhas, identificaram pouca diferença entre os tratamentos. Fêmeas dos tratamentos SP e SPM apresentaram 10% a mais no peso vivo (PV) no momento da desmama e os bezerros dos mesmos tratamentos foram mais pesados ao desmame. Quando houve diferença, foi relacionado ao SC com SP e SPM, não sendo encontrada diferença significativa entre SP e SPM. Os autores atribuíram a falta de diferença entre os tratamentos a deficiência de outros nutrientes pastagem nativa da região do Pantanal e a estacionalidade de produção de forragem. Outro fator que foi considerado é a falta de evidência sobre qual mineral tem maior influência na reprodução.

Avaliando quatro tipos de suplementos (T1= NaCl + P + microminerais, T2= NaCl + P, T3= NaCl + microminerais e T4= NaCl) em novilhos anelados, durante 380 dias, 50 animais por tratamento, Costa et al. (1992) identificaram diferença significativa entre os tratamentos. Sendo, os ganhos de peso 140,92, 122,26, 107,29 e 30,19 kg para os tratamentos T1, T2, T3 e T4, respectivamente. Além de menor desempenho animal registrado no T4, 23 animais deste tratamento foram retirados do experimento por apresentar magreza excessiva causada pela deficiência de minerais. Os autores recomendaram o suplemento com NaCl + P + microminerais (T1) por apresentar maior desempenho e menor prejuízo pela perda de animais.

Com o intuito de avaliar as deficiências de microminerais em bovinos e ovinos, Moraes et al. (2001) analisaram amostras de fígado de animais oriundos de diversas regiões do Brasil. Os autores concluíram que os elementos mais deficientes foram o Cu e Co. No entanto, em menor proporção foram constatadas deficiências de Zn, Se e Mn. O Fe e Mo foram os elementos que apresentaram quantidades elevadas. A deficiência ou excesso de determinado mineral está relacionada com as condições locais de solo e das plantas forrageiras disponíveis para consumo animal.

Com a evolução dos conhecimentos sobre suplementação mineral e das exigências nutricionais de bovinos, a partir da década de 80, esta técnica se popularizou e a partir de então passou-se a desenvolver suplementos específicos de acordo com a categoria animal e estágio fisiológico. A prática de fornecer outros alimentos ou aditivos em associação à mistura mineral, com o intuito de maximizar o consumo e uso da forragem pelo animal, demonstraram resultados positivos na produção animal (ZANETTI et al., 1993, 2000).

Embora tenha sido provada a importância do fornecimento das misturas minerais para bovinos, alguns pesquisadores não aprovam a forma como a suplementação é realizada, que é o fornecimento do suplemento na forma de mistura completa, com diversos elementos minerais. Tokarnia et al. (2000); Malafaia et al. (2004) e Peixoto et al. (2005) afirmaram que esta é uma prática antieconômica pelo fato que nem todos os minerais presentes no suplemento estariam em deficiência no pasto, e que este poderia ser nocivo ao animal por dificultar a absorção de outros elementos.

Para os autores, a forma correta e mais eficiente para fornecer o suplemento mineral seria de acordo com a deficiência registrada na fazenda, através da suplementação seletiva. Para que isso seja possível, deve ser feita análise do solo, planta e tecidos animal afim de diagnosticar as deficiências e corrigir de forma aplicada. No entanto, por mais que possa parecer a uma solução perfeita, ainda existe diversas limitações desta técnica. Destacam-se como principais limitantes as diversas categorias de animais, diferentes forrageiras, tipos de solo e estações do ano. O produtor teria que ter ao mesmo tempo vários tipos de suplemento para atender as demandas. Na prática, a técnica proposta ainda parece inviável pelo custo das análises, aquisição de minerais separados e equipamentos para mistura dos ingredientes do suplemento. A falta de gestão adequada na maioria das fazendas de corte é um agravante neste sentido. Um fator que prejudica o adequado fornecimento de suplementos minerais a bovinos em pastejo, é a logística da fazenda. Na fazenda, não é incomum se dá pouca atenção no reabastecimento dos cochos “salga”, com isso pode ocorrer períodos sem suplemento disponível para os animais.

Atualmente se tem sólido conhecimento sobre exigências de minerais para bovinos de corte em pastejo. Neste sentido, novos produtos são lançados no mercado com o intuito de aumentar a eficiência da suplementação mineral, seja por meio das características físicas dos produtos, fontes de minerais ou vias de aplicação. As novas tecnologias desenvolvidas podem ser em relação a misturas completas ou a um grupo de minerais específicos. Sobre suplementação mineral de bovinos têm dado maior enfoque na avaliação de minerais específicos sobre determinadas características produtivas ou reprodutivas, assim como diferentes alternativas de suplementação. Em relação às formas de fornecimento dos

suplementos, tem sido crescente o desenvolvimento de pesquisas sobre suplementação mineral injetável e de produtos com características físicas que reduzam as perdas no campo, seja por meio de mudanças na estrutura física (blocos minerais e aglomeração de partículas) ou uso de aditivos nas misturas (STOKES et al., 2018).

Considerando que a suplementação mineral é uma intervenção realizada no sistema de produção, é importante que os resultados sejam analisados e relacionados com as mudanças provocadas nos índices produtivos. As análises de tecidos animais é a melhor forma de avaliar o efeito da suplementação, no entanto, são procedimentos dispendiosos. Teores de minerais do solo fornece pistas de possíveis problemas relacionados à nutrição mineral, no entanto são difíceis de relacionar com o desempenho animal. Por outro lado, a determinação de minerais da forragem é mais fácil de relacionar com concentrações nos tecidos animais, mas a limitação dessa técnica pode estar na coleta de amostras que represente a dieta do animal (McDOWELL & CONRAD, 1977). A avaliação dos índices zootécnicos assim como a observação visual do escore dos animais e da sanidade são alguns pontos importantes que ajudam a monitorar o efeito da suplementação mineral. O suplemento oferecido pode não demonstrar nenhum efeito nos animais, pois fatores como a qualidade dos ingredientes ou outras deficiências (NICODEMO et al., 2008) podem influenciar os resultados.

Estudos sobre a deficiência ou excesso de minerais na dieta animal, devem ser realizados de forma mais abrangente possível, avaliando solo, planta e animal. O foco maior deve ser o animal (SUTTLE, 2010), para isso quanto mais informações sobre índices zootécnicos do rebanho até exames clínicos patológicos permitem dar segurança na interpretação dos resultados. É tarefa difícil determinar o consumo de minerais por bovinos em pastejo pela dificuldade de estimar com precisão a dieta do animal, devido a seletividade e pela ingestão de terra. Deve-se considerar também a quantidade de minerais assimilável na dieta (TOKARNIA et al., 1999).

Parâmetros sanguíneos refletem a situação da concentração de determinado elemento nos tecidos do animal. A partir do conhecimento dos níveis séricos e da exigência animal para um mineral, é possível relacionar as informações e analisar se os teores encontrados estão dentro dos limites adequados ou se está havendo desbalanço nutricional (SUTTLE, 2010). Dentre os diversos fatores que influenciam na concentração sérica de minerais, a alimentação é o que exerce maior participação, tendo em vista que é através da dieta que o animal vai obter todos os nutrientes.

Exames bioquímicos realizados no soro ou plasma de bovinos são muito usados pelo fato de serem mais simplificados e menos evasivos. De acordo com McDonald et al. (2011), o

plasma sanguíneo é considerado uma reserva central de minerais, por fazer o intercâmbio dos minerais para todos os tecidos do animal, com isso a concentração de minerais no plasma pode refletir bem o status mineral do animal. Outros pontos importantes relacionados a exames séricos é o menor custo para análise e os resultados refletirem o status mineral de determinado elemento no corpo do animal. A concentração mineral nos fluidos aponta a qualidade do suplemento mineral usado na dieta, no entanto, para efeitos comparativos dos resultados obtidos é necessário analisar dados coletados em situação mais semelhante possível em relação a raça, estágio fisiológico e sexo (SUTTLE, 2010).

Discussões recentes em relação a correta suplementação mineral de bovinos em pastejo vão além de corrigir problemas relacionados com a dieta dos animais. É crescente o desenvolvimento de pesquisas com o objetivo de reduzir as perdas de minerais antes ou após o consumo pelo animal. Como parte dos minerais ofertados no campo são perdidos, a preocupação é com o impacto destas perdas na economia da fazenda e no meio ambiente (MCDOWELL, 1996). Novas tecnologias desenvolvidas para mineral disponíveis no mercado atuam desde fontes até as formas de ofertar a mistura aos animais, cabendo ao produtor avaliar o produto que melhor atenda sua demanda dentro do sistema de produção.

1.5 Modalidades de suplementação mineral

O suprimento de minerais a bovinos em pastejo pode ser realizado de diversas maneiras. O fornecimento de misturas minerais em pó *ad libitum* é a forma mais comum de suplementação mineral no Brasil, no entanto, diversas outras vias podem ser usadas para fornecer os suplementos aos animais, tais como blocos, injeções, pellets intra-ruminais e solubilizados na água (PEIXOTO et al., 2005; SUTTLE, 2010 e suplementos líquidos (CATTO & AFONSO, 2001). De acordo com McDowell (1996) o fornecimento de suplemento mineral em conjunto com alimentos concentrados, pode ser uma estratégia utilizada com o intuito de alcançar maior eficiência na suplementação pelo fato do animal estar ingerindo outros nutrientes que podem facilitar a absorção dos elementos. No entanto, esta técnica pouco se aplica no sistema de produção brasileiro pelo fato do animal passar boa parte da sua vida sem ter acesso a alimentos concentrados.

De acordo com Tokarnia et al. (2000) a adubação das pastagens parece ser a maneira ideal, pois além de elevar os teores de minerais na forragem, existe a possibilidade de aumentar a produção de forragem. Todavia, esta é uma prática complexa por envolver solo-planta-mineral, que apesar da viabilidade, não é adotada por grande parte dos produtores que utilizam o sistema extensivo ou com baixo emprego de tecnologia.

Das modalidades de suplementação mineral para bovinos, o fornecimento de misturas em pó é a forma mais prática e de menor custo para o produtor. Diversas pesquisas demonstraram que através dessa técnica animais ingerem quantidades adequadas de minerais para atender sua demanda. Todavia, para aplicação correta desta forma de suplementação diversos aspectos devem ser considerados. Uma das principais limitações desta técnica é que parte dos animais do rebanho podem não consumir o suplemento (McDOWELL, 1996) ou consumir quantidades inadequadas.

O consumo de misturas minerais por bovinos em pastagens é influenciado por diversos fatores tais como fertilidade do solo e tipo de forragem, a sazonalidade da produção forrageira e o fornecimento de suplementos proteico-energéticos.

A fertilidade do solo e tipo de forragem são fatores decisivos quanto a produção e qualidade da forragem que estará disponível para o animal. A boa formação das pastagens, através da escolha da cultivar e correta implantação, podem garantir boa quantidade e qualidade da forragem. Dessa forma, o animal terá maior aporte de nutrientes, inclusive minerais, no qual pode reduzir o interesse pela mistura mineral disponível (McDOWELL, 1996). Todavia, o NRC (2016) citou que no período chuvoso o consumo de minerais aumenta devido ao maior desempenho animal. Entretanto, Ítavo et al. (2008) relataram maior consumo da mistura mineral no período seco (93,99 g/dia) em relação ao período chuvoso (65,87 g/dia) em bovinos cruzados, Brangus x Nelore, sob pastejo. O manejo da pastagem se torna um aliado no suprimento de minerais através do pasto pelo fato de que manejando a pastagem corretamente, o animal sempre terá disponível a parte mais nutritiva da planta, as folhas.

A sazonalidade na produção de forragem, determinada pelas estações chuvosa e seca do ano afeta o consumo de minerais pelos animais. Na estação seca, as plantas forrageiras apresentam altos teores de fibra de baixa digestibilidade na qual alguns minerais estão ligados, dificultando o uso pelos animais. Menores teores de minerais estão relacionados também com a lixiviação e translocação de minerais nas forragens, à medida que as plantas se aproximam da senescência (UNDERWOOD & SUTTLE, 1999).

O fornecimento de suplementos proteicos-energéticos é uma via de acesso para o animal obter alguns minerais, dessa forma é esperado que o animal reduza o consumo do suplemento mineral McDowell (1996). Não significa que o animal terá sua exigência completamente atendida, é apenas mais uma fonte para suprir as demandas. Os requerimentos individuais também influenciam no consumo de misturas, sendo este fator controlado pela genética de cada animal. Fontes de água com altos teores de Na e Ca podem interferir no consumo de suplementos, considerando que é o NaCl que atrai o animal para consumir a mistura. Nessa

situação, a adição de produtos com boa palatabilidade pode ser alternativa para incentivar o consumo.

Dentre os diversos minerais que compõe um suplemento mineral, o Na é um único pelo qual os bovinos sentem atração para consumir (McDOWELL, 1996). Por apresentar boa palatabilidade, o consumo de Na é um importante veículo para ingestão de outros minerais, a proporção entre 30 e 40 g Na/100 g de suplemento mineral é a quantidade que atende as exigências dos demais minerais.

Consumo irregular pode ser observado em suplementos que possuem em sua composição ingredientes com baixa palatabilidade. Este problema pode ser mais comum quando se tenta suplementar um único mineral, como é o caso do óxido de magnésio em pastagens com deficiência deste mineral. McDowell (1996) relatou que animais apresentaram tentania das pastagens, mas não consumiram o suplemento que estava disponível. O uso de alimentos com boa palatabilidade misturados com misturas menos palatáveis estimula o consumo, mas devem ser usadas com moderação para evitar consumo excessivo.

A oferta de suplementos frescos tem forte influência no consumo de minerais. Aliado a este fator, a cobertura do cocho impede que o suplemento endureça após contato com água da chuva, dificultando o consumo pelo animal, ou que sejam registradas perdas pelo vento. Em casos que o animal passa longos períodos de restrição, o consumo pode ser até dez vezes superior ao normal (McDOWELL, 1996).

Cochos de suplementação devem ser bem localizados para facilitar o acesso pelos animais e para reposição do suplemento. A escolha do local deve ser próxima do bebedouro ou área de descanso dos animais. É indispensável disponibilizar espaçamento de cocho adequado de acordo com o número de animais no piquete e ficar atento para áreas de pastagens muito grande, pois os animais podem não localizar o alimentador. A distância entre cochos de mineralização e de água não devem ser mais de 300 m, sempre que possível, os cochos para suplementos devem ser cobertos (NICODEMO et al., 2008).

A forma física do suplemento mineral impacta no consumo pelo animal, o grau de dificuldade que o animal tem para ingerir o suplemento vai determinar o quanto da mistura ele vai conseguir consumir. Comparando a suplementação mineral em pó com blocos, o consumo da primeira mistura é cerca de 10% maior pelo fato do animal ter mais facilidade de ingestão do suplemento. A dureza e o tempo que o animal permanece próximo ao bloco são aspectos que determinam se o animal atingirá ou não o consumo desejado (McDOWELL, 1996; PEIXOTO et al., 2005).

A suplementação mineral através de injeções permite fornecer com garantia a quantidade de minerais de acordo a exigência e no intervalo determinado, dessa forma, problemas relacionados com deficiência ou toxicidade podem ser evitados e o animal tem o aporte de minerais adequado para seu desempenho. Aplicação intramuscular de Cu, Zn, I e Se orgânicos demonstrou eficiência durante meses na prevenção de deficiências de desses minerais. Todavia, essa técnica tem como principais limitações o manejo frequente dos animais, alto custo e diferentes intervalos de aplicação, que variam de acordo com o tipo de mineral (McDOWELL, 1996).

A suplementação mineral injetável possui vantagens em relação a suplementação tradicional pelo fato de os minerais não competirem por sítios de absorção e por não ocorrer antagonismo (STOKES et al., 2018; VEDOVATTO et al., 2020b). De acordo com Stokes et al. (2018), resultados de pesquisas avaliando o efeito de injeções de minerais sob o desempenho reprodutivo tem sido inconsistentes. Entretanto, Vedovatto et al. (2019) demonstraram resultados positivos no uso de injeções de microminerais sobre a taxa de prenhez em vacas Nelore. Avaliando o desempenho animal, Vedovatto et al. (2020a; 2020b) não encontraram diferença significativa no uso de microminerais injetáveis em bezerros Nelore na desmama ou em caprinos recém nascidos. No entanto, em ambos os experimentos, foi observado maior concentração plasmática das enzimas superóxido desmutase e glutathiona peroxidase, que atuam no sistema imunológico e melhoram a saúde do animal.

O uso de pellets intra-ruminais é uma técnica bem difundida na Austrália, de onde saem as principais informações a respeito dessa forma de suplementação. Este modelo de aplicação consiste na confecção pellet contendo microminerais aderidos a algum objeto pesado de modo que fique dentro do rúmen. A liberação dos minerais é lenta, podendo o implante ser efetivo durante alguns meses. Problemas relatados dessa técnica estão relacionados a uma camada de fosfato de cálcio em toda superfície do pellet, impedindo a liberação dos minerais e em menos casos a regurgitação. Um objeto abrasivo é capaz de resolver o problema causado pela camada superficial sobre o pellet (LEÓN-CRUZ et al., 2020).

Apesar de ser uma prática amplamente difundida entre produtores, diversos erros ainda são constatados no fornecimento de misturas minerais. Entre os principais estão o fornecimento de suplementos inadequados para a categoria animal, o fornecimento de apenas NaCl, descontinuidade no fornecimento de suplemento, diluição de suplementos prontos ou mesmo produtores que não fornecem nenhum tipo de suplemento mineral (TOKARNIA et al., 2000; PEIXOTO et al., 2005).

Para que ocorra adequado fornecimento de suplementos minerais em pó para bovinos sob pastejo, fatores como disponibilidade do suplemento, suplemento adequado para a categoria animal e aspectos relacionados localização do cocho, espaço linear por animal, altura e distância entre cochos, quando se tem mais de um cocho no piquete, são determinantes para atingir o consumo esperado (MARINO & MEDEIROS, 2015). Além dos pontos citados em relação ao fornecimento dos suplementos, problemas operacionais podem dificultar que o animal atinja o consumo adequado de suplemento.

A forma como a suplementação mineral de animais em pastagens é realizada é criticada por alguns pesquisadores. Para Sousa (1981) o uso de misturas prontas pode ter efeitos negativo pelo fato de as concentrações de minerais da mistura não ser a mais adequada para determinada situação. Neste caso o ideal é uma mistura que supra as deficiências dos minerais daquele sistema de produção. Peixoto et al. (2005), descreveram como principais equívocos, algumas práticas recomendadas em relação ao fornecimento de suplementos minerais. São elas: obrigatoriedade em fornecer minerais em todas as regiões e épocas do ano, a quantidade e proporção de minerais que compõe um suplemento e o consumo ideal de suplemento.

O consumo de minerais pode ser irregular devido à dificuldade de acessar o cocho, por questão de hierarquia entre os animais, localização do cocho, pouco espaço de cocho ou altura inadequada, compactação do suplemento ou falta do suplemento no cocho. Estes são fatores que podem afetar o desempenho animal e devem ser observados no sistema de produção (PEIXOTO et al., 2005).

Considerando que o Brasil possui o segundo maior rebanho de bovinos do mundo e tem potencial para se tornar o principal produtor de carne bovina, o desenvolvimento de pesquisas que busquem aumentar a eficiência nos sistemas de produção são determinantes para manter a competitividade do produto brasileiro. Como também, pode trazer vantagens para o país quando se trata do uso de recursos naturais, por ter maior comprometimento no uso racional de insumos e recursos (LÓPEZ-ALONSO, 2012).

O fornecimento das misturas minerais aos animais pode ser realizado de diversas formas, métodos diretos ou indiretos. A escolha do método vai depender do ambiente, tipos de elementos, sistema de criação e condições financeiras. O método indireto consiste em aumentar a oferta de elementos minerais via forragem consumida, neste caso o aumento nos teores de minerais no pasto se dá por técnicas de correção e adubação do solo. O método direto é uma técnica que fornece aos animais elementos minerais de diversas maneiras, que podem ser classificados em descontínuos, quando ocorre intervalos entre aplicações ou contínuos, onde o animal ingere diariamente a mistura mineral (SUTTLE, 2010).

1.6 Perdas de suplementos, compactação, fatores que afetam o consumo

Estudos sobre nutrição mineral de ruminantes não tem sido realizado com a mesma intensidade e constância que outros nutrientes da dieta. Alguns fatores que limitam os estudos sobre minerais são dificuldade das análises, falta de medidas sensíveis, experimentos com elevado número de animais, grande variação na quantidade de alimentos, concentrações de minerais e interações que ocorrem entre minerais e trabalhos longos (WEISS, 2017).

Neste sentido, Malafaia et al. (2014) relacionaram que, com o passar do tempo, algumas informações sobre suplementação mineral precisam ser questionadas e revistas. Esta é uma prova que novas pesquisas precisam ser desenvolvidas para que conceitos formulados a muitos anos atrás voltem a ser estudados. No entanto, as pesquisas relacionadas à nutrição mineral de bovinos em pastejo é complexa por envolver várias fontes de minerais (alimento, água, solo), dificuldades analíticas e de precisão e alto custo dos experimentos.

Alguns trabalhos científicos relatam que fatores como compactação e exposição do suplemento mineral ao tempo influenciam no consumo e geram perdas de suplementos minerais (McDOWELL, 1996; MALAFAIA et al., 2014). Entretanto, não são encontrados trabalhos que tenham mensurado essas perdas e quanto o efeito da compactação dificulta o consumo. Outro fator que merece destaque, é a modificação que pode ocorrer na massa de suplemento decorrente de chuvas. Estas modificações podem ocorrer por elementos carreados ou solubilizados pela água, com isso ocorre alterações na concentração dos elementos na mistura. A falta dessas informações pode ser justificada por fatores já mencionados.

2 REFERÊNCIAS

- ABIEC. 2020. Beef Report: perfil da pecuária no Brasil 2020. p. 49. Disponível em: <http://abiec.com.br/catpub/impressos/>. Acesso em: 21/05/2020.
- AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL- ARC. **The nutriente requirements of ruminants livestock**. London: 1980. 351p.
- BARBOSA, M. A. F.; OLIVEIRA, R. L.; LADEIRA, M. M.; BAGALDO, A. R.; BRITO, V. C.; SAAD, R. M.; MIORIN, R. L.; GONÇALVES, J. R. S.; RIBEIRO, E. L. A.; SILVA, L. D. F.; MIZUBUTI, I. Y.; BUMBIERIS JUNIOR, V. H. Nutrição e manejo de bovinos de corte na fase de recria. In: OLIVEIRA, R. L.; BARBOSA, M. A. A. F. (Org). **Bovinocultura de corte: desafios e tecnologias**. Salvador: EDUFBA, 2014. p. 133-192.
- CANESIN, R. C.; BERCHIELLI, T. T.; ANDRADE, P.; REIS, R. A. Desempenho de bovinos de corte mantidos em pastagem de capim-marandu submetidos a diferentes estratégias de suplementação no período das águas e da seca. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 36, n. 2, p. 411-420, 2007. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982007000200019>.
- CARDOSO, A. S.; BERNDT, A.; LEYTEM, A.; ALVES, B. J. R.; CARVALHO, I. N. O.; SOARES, L. H. B.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. Impact of the intensification of beef production in Brazil on greenhouse gas emissions and land use. **Agricultural Systems**, v. 143, p. 86-96, 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agsy.2015.12.007>.
- CARRER, C. C. & CARRER C. R. O. Inovação na pecuária de corte: indicadores e alternativas para a cadeia de negócios. In: OLIVEIRA, R. L.; BARBOSA, M. A. A. F. (Org). **Bovinocultura de corte: desafios e tecnologias**. Salvador: EDUFBA, 2014. p. 641-672.
- CATTO, J. B.; AFONSO, E. Taxa de natalidade de vacas e desempenho de bezerros sob desmana antecipada no Pantanal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 9, p. 1205-1211, 2001. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2001000900015>.
- CEZAR, Ivo Martins et al. **Sistemas de produção de gado de corte no Brasil: uma descrição com ênfase no regime alimentar e no abate**. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2005., 2005.
- COMMONWEALTH SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH ORGANISATION - CSIRO PUBLISHING. Nutrient requirements of domesticated ruminants. Collingwood, Australia. 2007. 270p.

COSTA E SILVA, L. F.; VALADARES FILHO, S. C.; ENGLE, T. E.; ROTTA, P. P.; MARCONDES, M. I.; SILVA, F. A. S.; MARTINS, E. C.; TOKUNAGA, A. T. Macromineral and trace element requirements for beef cattle. **Plos ONE**, v. 10, n. 12, 2015. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0144464>.

COSTA, F. P.; SOUSA, J. C.; GOMES, R. F. C.; SILVA, J. M.; EUCLIDES, V. P. B. Avaliação econômica de alternativas de suplementação mineral de novilhos em pastagem de colônia adubada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 17, n. 7, p. 1083-1088, 1982.

COSTA, J. B. D.; WOLF, G.; SOUSA, J. C.; COSTA, F. P. Suplementação mineral de novilhos nelorados em solo arenoso de mata e pastagens de capim-colônia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 27 n. 10, p. 1459-1466, 1992.

COSTA, Lissandro Basso da. **A bovinocultura de corte (ciclo completo) e sua economicidade**: um estudo de multicaso. 2006. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) – Programa de pós-graduação em Zootecnia, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

DAYRELL, M. S.; DÖBEREINER, J.; TOKARNIA, C. H. Deficiência de fósforo em bovinos na região de Brasília. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 8, n. 6, p. 105-114, 1973.

DIAS-FILHO, Moacyr Bernardino. Diagnóstico das pastagens no Brasil. **Embrapa Amazônia Oriental-Documentos (INFOTECA-E)**, 2014.

EUCLIDES FILHO, K. Bovinocultura de corte no Brasil. **Revista de Política Agrícola**, v. 16, n. 4, p. 121-128, 2007.

EUCLIDES, Valéria Pacheco Batista. Alternativas para intensificação da produção de carne bovina em pastagem. **Embrapa Gado de Corte-Livro técnico (INFOTECA-E)**, 2000.

FERRAZ, J. B. S.; FELÍCIO, P. E. Production systems—An example from Brazil. **Meat science**, v. 84, n. 2, p. 238-243, 2010. <https://10.1016/j.meatsci.2009.06.006>.

FRANCO, G. L.; OLIVEIRA, R. L.; LEÃO, A. G.; RAMOS, A. K. B.; DAVY, F. C. A.; CARVALHO, S. T.; FARIA, F. J. C. Suplementação de bovinos mantidos em pastagens. In: OLIVEIRA, R. L.; BARBOSA, M. A. A. F. (Org). **Bovinocultura de Corte: desafios e tecnologias**. Salvador: EDUFBA, 2014. p. 377-392.

GERSSSEN-GONDELACH, S. J.; LAUWERIJSEN, R. B. G.; HAVLÍK, P.; HERRERO, M.; VALIN, H.; FAAIJ, A. P. C.; WICKE, B. Intensification pathways for beef and dairy cattle production systems: Impacts on GHG emissions, land occupation and land use change.

Agriculture, Ecosystems and Environment, v. 240, p. 135–147, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.02.012>.

ÍTAVO, L. C. V.; TOLENTINO, T. C. P.; ÍTAVO, C. C. B. F.; GOMES, R. C.; DIAS, A. M.; SILVA F. F. Consumo, desempenho e parâmetros econômicos de novilhos Nelore e F1 Brangus x Nelore terminados em pastagens, suplementados com mistura mineral e sal nitrogenado com uréia ou amiréia. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 60, n. 2, p. 419-427, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-09352008000200022>.

LEMOS, Fernanda Kesrouani. **A evolução da bovinocultura de corte brasileira**: elementos para a caracterização do papel da ciência e da tecnologia na sua trajetória de desenvolvimento. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

LEÓN-CRUZ, M., RAMÍREZ-BRIBIESCA, E., LÓPEZ-ARELLANO, R., MIRANDA-JIMÉNEZ, L., RODRÍGUEZ-PATIÑO, G., DÍAZ-SÁNCHEZ, V. M., & REVILLA-VÁZQUEZ, A. L. Bolos intrarruminales con liberación controlada de minerales traza. Revisión. **Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias**, v. 11, n. 2, p. 498-516, 2020. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v11i2.5349>.

LÓPEZ-ALONSO, M. Trace minerals and livestock: not too much not too Little. **International Scholarly Research Notices**, v. 2012, 2012. <https://doi.org/10.5402/2012/704825>.

MALAFAIA, P.; CRUZ, P. B. S.; SILVA V. P. Produção de leite, composição e escore de condição corporal de cabras em lactação recebendo dois tipos de misturas minerais. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 34, n. 2, p. 119-122, 2014. <https://doi.org/10.1590/S0100-736X2014000200004>.

MALAFAIA, P.; PEIXOTO, P. V.; GONÇALVES, J. C. S.; MOREIRA, A. L.; COSTA, D. P. B.; CORREA, W. S. Ganho de peso e custos em bovinos de corte submetidos a dois tipos de suplementos minerais. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 24, n. 3, 160- 164, 2004. <https://doi.org/10.1590/S0100-736X2004000300008>.

MANDARINO, R. A.; BARBOSA, F. A.; LOPES, L. B.; TELLES, V.; FLORENCE, E. A. S.; BICALHO, F. L. Evaluation of good agricultural practices and sustainability indicators in livestock systems under tropical conditions. **Agricultural Systems**, v. 174, p. 32-38, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.04.006>.

MARINO, Carolina Tobias; DE MEDEIROS, S. R. Minerais e vitaminas na nutrição de bovinos de corte. **Embrapa Gado de Corte-Capítulo em livro científico (ALICE)**, 2015.

MARINO, C. T.; MEDEIROS, S. R. Minerais e vitaminas na nutrição de bovinos de corte. In: MEDEIROS, S. R.; GOMES, R. C.; BUNGENSTAB, D. J. (Org). **Nutrição de bovinos de corte: fundamentos e aplicações**. Brasília, Embrapa, 2015. p. 77- 94.

MARTINS, Maristela de Mello. **Análise da eficiência técnica da pecuária de corte para as regiões brasileiras** - uma análise de fronteira estocástica. 2019. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2019.

McDONALD, P.; EDWARDS, R. A.; GREENHALGH, J. F. D.; MORGAN, C. A.; SINCLAIR, L. A. WILKINSON, R. G. **Minerals**. In: Animal nutrition. Seventh Edition. 2011.

McDOWELL, L. R. Feeding minerals to cattle on pasture. **Animal Feed Science and Technology**, v. 60, p. 247-271, 1996. [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(96\)00983-2](https://doi.org/10.1016/0377-8401(96)00983-2).

McDOWELL, L. R. Mineral deficiencies and toxicities and their effect on beef production in developing countries. Proc. Beef Cattle Production in Developing Countries, Edinburgh, Scotland, p. 216–241, 1976.

McDOWELL, L. R.; CONRAD, J. H. Trace mineral nutrition in Latin American. World Animal Review, Gainesville, Florida, v. 24, p. 24, 1977.

MONTAGNER, D. B.; EUCLIDES, V. P. B.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; DA SILVA, S. C. Desafios da produção intensiva de bovinos de corte em pastagens. In: OLIVEIRA, R. L.; BARBOSA, M. A. A. F. (Org). **Bovinocultura de corte: desafios e tecnologias**. Salvador: EDUFBA, 2014. p. 377-392.

MORAES, S. S. **Principais deficiências minerais em bovinos de corte**. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2001., 2001.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7.ed. Washington, D.C. 381p. 2001.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL- NRC. **Nutrient Requirements of Beef Cattle**. 7th.ed. Washington, DC: National Academy Press, 242p. 2000.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL- NRC. **Nutrient Requirements of Beef Cattle**. 8th revised edition. National Research Council. National Academy Press: Washington, DC. 2016. <https://doi.org/10.17226/19014>.

NICODEMO, Maria Luiza Franceschi. **Cálculo de misturas minerais para bovinos**. Embrapa Gado de Corte, 2001.

NICODEMO, M. L. F.; LAURA, V. A.; MOREIRA, A. Nutrição mineral de bovinos de corte em pastejo-repostas de plantas forrageiras à adubação e de bovinos à suplementação da pastagem. **Embrapa Pecuária Sudeste-Documentos (INFOTECA-E)**, 2008.

PAULINO, M. F.; FIGUEIREDO, D. M.; MORAES, E. H. B. K.; PORTO, M. O.; SALES, M. F. L.; ACEDO, T. S.; VILLELA, S. D. J.; VALADARES FILHO, S. C. Suplementação de bovinos em pastagem: uma visão sistêmica. SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE. 4., Viçosa, MG. Anais... Viçosa, MG: SIMCORTE, p. 93- 129 2004a.

PAULINO, P. V. R.; COSTA, M. A. L.; VALADARES FILHO, S. C.; PAULINO, M. F.; VALADARES, R. F. D.; MAGALHÃES, K. A.; PORTO, M. O.; BARONI, C. E. S. Exigências nutricionais de zebuínos: minerais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 3, p. 770-780, 2004b. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982004000300026>.

PEDREIRA, M. S.; BERCHIELLI, T. T. MINERAIS. In: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G (Eds). **Nutrição de ruminantes**. Jaboticabal, Funep, 2011. p. 345-366.

PEIXOTO, P. V.; MALAFAIA, P.; BARBOSA, J. D.; TOKARNIA, C. H. Princípios de suplementação mineral em ruminantes. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 25, n. 3, p. 195-200, 2005. <https://doi.org/10.1590/S0100-736X2005000300011>.

PEREIRA, J. R. A.; REIS, R. A.; BERCHIELLI, T. T.; BERTIPAGLIA, L. M. A.; MELO, G. M. P. Suplementação de bovinos mantidos em pasto diferido de *Brachiaria brizantha* (cv. Marandu): parâmetros ruminais e degradabilidade. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 30, n. 3, p. 317-325, 2008. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v30i3.504>.

POLAQUINI, L. E. M.; SOUZA, J. G.; GEBARA, J. J. Transformações técnico-produtivas e comerciais na pecuária de corte brasileira a partir da década de 90. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 1, p. 321-327, 2006. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982006000100040>.

POTT, E. B.; TULLIO, R. R.; ALMEIDA, I. L.; BRUM, P. O. R.; SOUSA, J. C. Desempenho reprodutivo de bovinos na sub-região dos Paiaguas do Pantanal Mato-Grossense. II. Efeito da suplementação mineral sobre índices reprodutivos de novilhas. **Embrapa Pecuária Sudeste-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 1987.

SANTOS, D. C.; GUIMARÃES JUNIOR, R.; VILELA, L.; MACIEL, G. A.; FRANÇA, A. F. S. Implementation of silvopastoral systems in Brazil with *Eucalyptus urograndis* and *Brachiaria brizantha*: Productivity of forage and an exploratory test of the animal response. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 266, n. 1, p. 174-180, 2018.

<https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.07.017>.

SOARES-FILHO, B. S.; BARBOSA, F. A.; MERRY, F. D.; AZEVEDO, H. O.; COSTA, W. L. S.; COE, M. T.; BATISTA, E. L. S.; MACIEL, T. G.; SHEEPERS, L. C.; OLIVEIRA, A. R.; RODRIGUES, H. O. **Cenários para a pecuária de corte amazônica**. Belo Horizonte: Ed. IGC/ UFMG, p. 29, 2015. ISBN: 978-85-61968-02-1.

SOUSA, J. C. Aspectos da suplementação mineral de bovinos de corte. **Embrapa Gado de Corte-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 1981.

SOUSA, J. C.; CONRAD, J. H.; BLUE, W. G.; MCDOWELL, L. R. et al. Inter-relações entre minerais no solo, plantas forrageiras e tecido animal I. Cálcio e fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 14, n. 4, p. 387-395, 1979.

SOUSA, J. C.; GOMES, R. F. C.; REZENDE, A. M.; ROSA, I. V.; CARDOSO, E. G.; GOMES, A.; COSTA, F. P.; OLIVEIRA, A. R.; COELHO NETO, L.; CURVO, J. B. E. Resposta de novilhos nelorados à suplementação mineral em pastagens de capim-colonião. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 18, n. 3, p. 311-318, 1983.

SOUSA, J. C.; GOMES, R. F. C.; SILVA, J. M.; EUCLIDES, V. P. B. Suplementação mineral de novilhos de corte em pastagens adubadas de capim-colonião. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 20, n. 2, p. 259-269, 1985.

SOUSA, J. C.; GONÇALVES, E. M.; JOSÉ DE ALENCAR, C. V.; DARSIE, G. Deficiências minerais em bovinos de Roraima, Brasil. III. Cálcio e fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 21, n. 12, p. 1327-1336, 1986.

SOUSA, J. C.; NICODEMO, M. L. F.; DARSIE, G. Deficiências minerais em bovinos de Roraima, Brasil. V. Cobre e molibdênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 24, n. 12, p. 1547-1554, 1989.

STOKES, R. S.; VOLK, M. J.; IRELAND, F. A.; GUNN, P. J.; & SHIKE, D. W. Effect of repeated trace mineral injections on beef heifer development and reproductive performance. **Journal of animal science**, v. 96, n. 9, p. 3943-3954, 2018. <https://doi.org/10.1093/jas/sky253>.

SUTTLE, N. F., 2010. Mineral nutrition of livestock, fourth ed. Cabi, London.

TOKARNIA, C. H.; CANELLA, C. F. C.; GUIMARÃES, J. A.; DÖBEREINER, J.; LANGENEGGER, J. Deficiência de fósforo em bovinos no Piauí. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 5, p. 483-494, 1970.

TOKARNIA, C. H.; CANELLA, C. F. C.; GUIMARÃES, J. A.; DÖBEREINER, J. Deficiências de cobre e cobalto em bovinos e ovinos no Nordeste e no Norte do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 3, p. 351- 360. 1968.

TOKARNIA, C. H.; DOBEREINER, J.; MORAES, S. S.; PEIXOTO, P. V. Deficiências e desequilíbrios minerais em bovinos e ovinos- revisão dos estudos realizados no Brasil de 1987 a 1998. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 19, n. 2, p. 47- 62. 1999.

TOKARNIA, C. H.; DÖBEREINER, J.; PEIXOTO, P.V. Deficiências minerais em animais de fazenda, principalmente bovinos de campo. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 30, n. 3, p. 127-138, 2000.

TOKARNIA, C. H.; GUIMARÃES, J. A.; CANELLA, C. F. C.; DÖBEREINER, J. Deficiências de cobre e cobalto em bovinos e ovinos em algumas regiões do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 6, n. 1, p. 61-77, 1971.

TOKARNIA, C. H.; LANGENEGGER, J.; LANGENEGGER, C. H.; CARVALHO, E. V. Botulismo em bovinos no Piauí, Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 5, p. 465-472, 1970.

UNDERWOOD, E. J.; SUTTLE, N. F. **The mineral nutrition of livestock**. 3.ed. London. UK: CABI Publishing, 614 p, 1999.

VALADARES FILHO, S. C.; COSTA E SILVA, L. F.; GIONBELLI, M. P.; ROTTA, P. P.; MARCONDES, M. I.; CHIZZOTTI, M. L.; PRADOS, L. F. Exigências nutricionais de zebuínos puros e cruzado. **Editora UFV: Viçosa, Brasil**, 2016.

VEDOVATTO, M.; CORTADA NETO, I. M.; PEREIRA, C. S.; BENTO, A. L. L.; ROCHA, R. F. A.; MORIEL, P.; FRANCO, G. L. Effect of the injection of trace minerals on growth performance, health, antioxidant enzymes activity, and immune system of newborn Boer kids. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 49:e20190255, 2020b. <https://doi.org/10.37496/rbz4920190255>.

VEDOVATTO, M.; MORIEL, P.; COOKE, R.F.; COSTA, D.S.; FARIA, F.J.C.; CORTADA NETO, I.M.; PEREIRA, C.S.; BENTO, A.L.L.; ALMEIDA, R.C.; SANTOS, S.A.; FRANCO, G.L. Effects of a single trace mineral injection on body parameters, ovarian structures,

pregnancy rate and components of the innate immune system of grazing Nellore cows synchronized to a fixed-time AI protocol, **Livestock Science**, v. 225, p. 123–128, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2019.05.011>.

VEDOVATTO, M.; PEREIRA, C. S.; CORTADA NETO, I. M.; MORIEL, P.; MORAIS, M. G.; FRANCO, G. L. Effect of a trace mineral injection at weaning on growth, antioxidant enzymes activity, and immune system in Nellore calves. **Tropical Animal Health and Production**.v. 52, n. 2, p. 881–886. 2020a. <https://doi.org/10.1007/s11250-019-02056-0>.

VIU, M. A. O.; MUNIZ, L. C.; TROVO, J. B. F.; MAGNABOSCO, C. U.; MARTHA JÚNIOR, G. B. Panorama da pecuária de corte no bioma cerrado. **Pubvet**, v. 1, n. 11, ed. 11, 2007.

WEISS, W. P. A. 100-Year Review: From ascorbic acid to zinc—Mineral and vitamin nutrition of dairy cows. **Journal Dairy Science**, v. 100, p. 10045-10060. 2017. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12935>.

ZANETTI, M. A.; MELLOTTI, L.; NOGUEIRA FILHO, J. C. M.; FEITOSA, A. S. L.; VALVASORI, E. Efeitos do fornecimento de mistura mineral completa e uréia sobre o aproveitamento de feno de grama-bermuda (*Cynodon dactylon* L. pers) cv" coast cross 1". **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 28, n. 4, p. 555-559, 1993.

ZANETTI, M. A.; RESENDE, J. M. L.; SCHALCH, F.; & MIOTTO, C. M. Desempenho de novilhos consumindo suplemento mineral proteinado convencional ou com uréia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 3, p. 935-939, 2000.

1 **3 SUPLEMENTO MINERAL EM PÓ OU AGLOMERADO PARA BOVINOS EM**
2 **PASTEJO: Resposta animal e alterações físicas e químicas da mistura**

3
4 Manoel Gustavo Paranhos da Silva^{a,*}, Andrei Pereira Neves^b, Denise Baptaglin Montagner^c,
5 Luís Carlos Vinhas Ítavo^a, Rodrigo da Costa Gomes^c

6 ^a Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Avenida Senador Felinto Muller, 2443, Pioneiros,
7 Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil.

8 ^b Zootecnista, Senar/MS, Rua Marcino dos Santos, 401, Chácara Cachoeira, Campo Grande,
9 Mato Grosso do Sul, Brasil.

10 ^c Embrapa Gado de Corte, Avenida Rádio Maia, 830, Vila Popular, Campo Grande, Mato
11 Grosso do Sul, Brasil.

12 *Autor correspondência. paranhos48@gmail.com

13
14 **RESUMO:** Três experimentos foram realizados com o objetivo de comparar diferentes
15 suplementos minerais e avaliar seus efeitos sobre a resposta animal e modificações químicas e
16 físicas quando expostos ao ambiente e ao consumo por bovinos em pastejo. Em todos os
17 experimentos foram usados bovinos de corte na fase de crescimento (com peso inicial médio
18 de 220 ± 29 ; 252 ± 32 (fêmeas), 257 ± 31 (machos) e 205 ± 15 experimento 1, 2 3,
19 respectivamente), distribuídos nos seguintes tratamentos: SPD- Suplemento em pó fornecido
20 em cocho descoberto; SAD- Suplemento aglomerado fornecido em cocho descoberto (exp. 1,
21 2 e 3) e SPC- Suplemento em pó fornecido em cocho coberto (apenas no experimento 3). Foi
22 avaliado o ganho médio diário (GMD), desaparecimento de suplemento, força para penetração
23 (FP), composição química das sobras, concentração de minerais nas fezes, níveis séricos de Ca,
24 P e Mg. No experimento 1, não foram observados efeitos significativos sobre GMD e na
25 concentração de minerais nas fezes ($P > 0,05$). Foi observado maior desaparecimento em g/kg
26 PV/dia no SPD ($P < 0,05$). Houve efeito significativo do tratamento sobre os teores de minerais

27 nas sobras, com maior redução (40,01 %) de Na no SPD. Menores valores para FP foram
28 registrados no SAD ($P < 0,05$). No experimento 2, houve tendência de maior GMD no SAD
29 ($P < 0,10$). Não foi observado efeito significativo sobre o desaparecimento de suplemento e nas
30 concentrações de minerais nas fezes ($P > 0,05$). Houve efeito significativo ($P < 0,05$) do tipo de
31 suplemento sobre as concentrações de minerais nas sobras, o Na apresentou redução em relação
32 a composição inicial de 20,28 e 32,61 % nos tratamentos SPD e SAD, respectivamente. O SAD
33 apresentou menor resistência a penetração. No experimento 3, não houve efeito significativo
34 sobre o GMD ($P > 0,05$). Houve tendência de maior desaparecimento de suplemento e
35 concentração de P sérico foi observada no SAD ($P < 0,10$). As análises das fezes indicaram maior
36 concentração de Na ($P < 0,05$) para o tratamento SAD. Maior concentração de Na foi observada
37 nas sobras no SPC ($P < 0,0001$). Menores valores para FP foram registrados no SAD. A
38 exposição ao ambiente pode alterar características químicas e físicas da massa de suplemento
39 mineral. A forma física do suplemento pode influenciar as concentrações de Na e outros
40 elementos, com possíveis reflexos sobre consumo e perdas de elementos. O tipo de suplemento
41 ou estratégia de fornecimento não afetou o desempenho animal.

42

43 **Palavras-chave:** Compactação, estação chuvosa, macrominerais, mineralização, novilhos,
44 perdas.

45

46

47

48

49

50

51

52 4 INTRODUÇÃO

53 Em regime de pastejo, quando se tem expectativas de ganhos elevados, bovinos podem
54 não ter suas exigências de minerais totalmente atendidas apenas pela forragem consumida
55 (NRC, 2016). Alguns minerais podem se apresentar em concentrações que atendam as
56 demandas dos animais em alguma época do ano, mas de maneira geral, é comum que
57 apresentem quantidades abaixo das exigências nutricionais dos animais. As concentrações de
58 macro e microminerais e suas disponibilidades dependem de fatores como espécie e estágio
59 fisiológico da planta, condições de solo e clima (McDONALD et al., 2011). Assim, estratégias
60 devem adotadas para corrigir as deficiências na dieta, caso contrário, podem surgir problemas
61 de saúde, redução no desempenho e mortes devido à falta destes elementos (SUTTLE, 2010).

62 Estudos sobre nutrição mineral em bovinos permitiram que problemas relacionados a
63 deficiência de minerais fossem corrigidos por meio da formulação e fornecimento de misturas
64 minerais de livre escolha, dedicados a diferentes categorias animais. As exigências de macro e
65 microminerais foram amplamente estudadas e permitiram fornecer informações confiáveis
66 acerca do atendimento das exigências nutricionais de bovinos (WEISS, 2017). Entretanto,
67 pesquisas relacionadas a eficiência no fornecimento de suplementos minerais de livre escolha,
68 quanto as modificações químicas e físicas que podem ocorrer na massa de suplemento exposta
69 ao ambiente e aos animais e o quanto isso impacta no consumo e desempenho animal, ainda
70 são escassas.

71 Pesquisas realizadas nos últimos anos mostraram grande evolução nas determinações
72 das exigências nutricionais, assim como o efeito de elementos em algumas respostas específicas
73 (WEISS, 2017). No entanto, a literatura é escassa quanto à avaliação de tipos físicos de
74 suplementos minerais. O presente estudo partiu da premissa que o uso de misturas minerais em
75 pó é a prática mais comum para o atendimento das exigências minerais de bovinos em pastejo
76 no Brasil (TOKARNIA et al., 2000). É comum que este suplemento seja fornecido em cochos
77 sem cobertura, ficando exposto ao sol, chuva e vento, em tais condições as misturas minerais

78 podem sofrer modificações em suas características físicas e químicas, com potencial de alterar
79 a ingestão e, conseqüentemente, o atendimento dos requerimentos nutricionais de bovinos de
80 corte em pastejo (McDowell, 1996). O suplemento mineral aglomerado se apresenta como uma
81 alternativa, com atributos que podem ser de interesse, principalmente em condições de
82 precipitações elevadas.

83 Perdas de suplemento, comuns no período chuvoso, ocorrem pelo vento, lixiviação ou
84 solubilização na água, geram prejuízo para o produtor e podem alterar o padrão da mistura que
85 será ingerida pelo animal. Outro problema comum é a compactação da massa de suplemento,
86 que pode dificultar o consumo, e conseqüentemente afetar o desempenho animal e sua
87 produtividade (McDOWEEL, 1996; SUTTLE, 2010). Neste sentido, o desenvolvimento de
88 produtos ou técnicas que reduzam os efeitos citados pode garantir adequada suplementação
89 mineral ao animal e tornar a atividade mais eficiente no uso de insumos.

90 O fornecimento de misturas minerais em pó é uma das modalidades mais comuns para
91 atendimento dos requerimentos de macro e microelementos para bovinos sob pastejo. No
92 entanto, outras formas de disponibilização, tais como suplementos em blocos (MORIEL et al.,
93 2019), injetáveis (STOKES et al., 2018), *bolus* intra ruminais (PEIXOTO et al., 2005) e
94 minerais dissolvidos na água (SUTTLE, 2010) são descritas na literatura. Outra modalidade de
95 mineralização se dá pelo fornecimento de suplementos aglomerados, a partir de modificações
96 nos procedimentos de fabricação e que tem potencial de conferir características físicas capazes
97 de reduzir perdas referentes à exposição as condições ambientais, tais como precipitação e
98 vento. No entanto, estudos sobre esta modalidade são inexistentes na literatura. Dessa forma,
99 foram conduzidos três experimentos para comparar suplementos em pó e aglomerados e avaliar
100 seus efeitos sobre a resposta animal e modificações químicas e físicas quando ofertados para
101 bovinos de corte sob pastejo, no período chuvoso.

102

103 5 MATERIAL E MÉTODOS

104 Os procedimentos experimentais empregados no presente estudo foram aprovados pelo
 105 Comitê de Ética no Uso de Animais do Centro Nacional de Pesquisa em Gado de Corte
 106 (CNPGC) da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), sob protocolos nº
 107 05/2015 e 01/2020.

108 Três experimentos foram realizados entre os anos de 2016 e 2017 (experimento 1), 2017
 109 e 2018 (experimento 2) e 2019 e 2020 (experimento 3), para avaliação de suplementos minerais
 110 em pó ou aglomerados fornecidos a bovinos de corte sob pastejo. Todos os trabalhos foram
 111 conduzidos no Centro Nacional de Pesquisa em Gado de Corte (CNPGC) da Empresa Brasileira
 112 de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), em Campo Grande, MS (20°27' S e 54° 37' W, a 530 m
 113 de altitude). O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo AW, tropical
 114 chuvoso de savana, com período seco definido de maio a setembro. Considerando seus
 115 objetivos, os experimentos foram conduzidos no período chuvoso, sendo as precipitações
 116 pluviométricas acumuladas mensuradas apresentadas na Tabela 1.

117 **Tabela 1-** Precipitação pluviométrica acumulada ao longo dos experimentos realizados

Experimento	Início	Fim	Precipitação (mm)
1	21/12/2016	20/04/2017	526
2	22/11/2017	28/03/2018	668
3	23/12/2019	16/03/2020	585

118 Precipitações mensuradas pelo emprego de pluviômetros distribuídos nas áreas experimentais e aferidos a cada
 119 precipitação.

120 5.1 Suplementos avaliados

121 Os suplementos utilizados nos três experimentos, suplemento mineral em pó e
 122 suplemento mineral aglomerado, foram formulados para conterem níveis semelhantes de macro
 123 e microelementos e produzidos de acordo com as recomendações da Instrução Normativa 12
 124 de 2004 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento do Brasil (MAPA), no qual é

125 baseada nas exigências para bovinos de corte na fase de recria, indicadas pelo NRC (1996) e
126 NRC (2001). O processo de fabricação ocorreu em uma indústria dedicada à produção e
127 comercialização de suplementos nutricionais para bovinos, devidamente licenciada pelo
128 MAPA.

129 O suplemento mineral em pó consistiu na mistura de fosfato bicálcico, cloreto de sódio,
130 calcário calcítico, enxofre elementar, sulfato de cobalto, óxido de zinco, óxido de magnésio,
131 sulfato de manganês, selenito de sódio e iodato de cálcio. O suplemento aglomerado consistiu
132 em um produto fabricado a partir das mesmas matérias primas indicadas, exceto pela adoção
133 de um processo industrial pelo qual o fosfato bicálcico não é obtido externamente, mas sim
134 produzido a partir da mistura do calcário calcítico e ácido fosfórico e das demais fontes minerais
135 citadas em uma única etapa. Com este processo, o suplemento deixa de se apresentar na forma
136 de pó, e passa a ser apresentado na forma de grânulos.

137 **5.2 Experimento 1**

138 *5.2.1 Animais, período e áreas experimentais*

139 O período experimental foi de dezembro 2016 a abril de 2017, compreendendo 15 dias
140 para adaptação e 126 dias de avaliação, divididos em 9 subperíodos de 14 dias. Foram utilizadas
141 72 fêmeas bovinas taurinas, com peso vivo (PV) e idade inicial de 220 ± 29 kg e 15 meses,
142 respectivamente. Os animais foram mantidos numa área de 55 ha, formada por *Brachiaria*
143 *brizantha* cv. Marandu, dividida em 12 piquetes, com aproximadamente 4,5 ha, com seis
144 novilhas por piquete. Os piquetes foram manejados em lotação contínua, sem ajustes de carga
145 ao longo do período experimental. Os animais foram vermifugados (Doramectina 1%, Exceller,
146 Vallé) ao início do experimento, individualmente identificados com brincos e submetidos a
147 controle de ectoparasitos quando necessário (Cipermetrina 5 % + Clorpirifós 7 % + Butóxido
148 de Piperonila 5 % + Citronelal 0,5 %, Cyperclor Plus Pour On, Ceva Saúde Animal, Brasil).
149 Todos os piquetes eram dotados de cochos para suplementação e bebedouros para fornecimento

150 de água à vontade. A área experimental não possuía histórico de adubações de qualquer
151 natureza em pelo menos 10 anos que antecederam o estudo e não foram realizadas adubações
152 ao longo do período.

153 5.2.2 *Tratamentos e procedimentos para suplementação*

154 Foram avaliados dois tratamentos, distribuídos em delineamento em blocos ao acaso
155 (área experimental foi subdividida em bloco 1 e 2). O piquete foi considerado a unidade
156 experimental e foram utilizadas seis unidades experimentais por tratamento. Os tratamentos
157 consistiram no fornecimento de dois tipos de suplementos minerais em descobertos, suplemento
158 mineral em pó (SPD) e suplemento mineral aglomerado (SAD), Aglomerax 1, (Connan 80,
159 Connan- Comércio Nacional de Nutrição Animal, Boituva, SP, Brasil).

160 Os suplementos foram fornecidos em cochos plásticos, sem nenhum tipo de cobertura,
161 com dimensão de 0,86 x 0,56 m e profundidade de 0,29 m, suspensas do solo em suporte de
162 madeira de 0,5 m. Os cochos possuíam dreno no fundo, consistindo-se de um furo de
163 aproximadamente 4 mm de diâmetro para escoamento da água da chuva. No início de cada
164 subperíodo (dia 0, D0), foi fornecido 8 kg/piquete de cada suplemento, em apenas um cocho,
165 sendo previamente pesado em balança mecânica. Após 7 dias (D7), foi acrescentado 5 kg de
166 suplemento em cada cocho, que era misturado as sobras presentes manualmente, desagregando
167 a massa de suplemento remanescente. O subperíodo era encerrado no dia 14 (D14), na ocasião
168 era iniciado um novo subperíodo.

169 5.2.3 *Coletas e avaliações*

170 Os animais experimentais foram pesados no início do período experimental e
171 posteriormente a cada 35 dias, após jejum de sólidos de 16 horas. O ganho médio diário (GMD)
172 foi calculado dividindo-se a diferença entre o peso vivo (PV) inicial e final pelo número de dias
173 do período experimental. O PV médio no período experimental foi calculado como a média
174 entre PV inicial e PV final.

175 O desaparecimento de suplemento do cocho, correspondente ao suplemento ingerido
176 pelos animais e perdas, foi determinado ao longo de todo o período experimental, subdividido
177 em subperíodos de 14 dias. No D14 de cada subperíodo, as sobras foram retiradas, pesadas e
178 amostradas, sendo o cocho então reabastecido, dando início a um novo subperíodo. O
179 desaparecimento de suplemento foi calculado em gramas por dia para cada subperíodo por
180 piquete e em gramas por quilograma de peso vivo no período experimental total, considerando
181 as quantidades ofertadas nos D0 e D7 e as sobras recuperadas no D14, assim como o peso vivo
182 médio do lote de animais no experimento, no caso da segunda variável.

183 As amostras coletadas no D0 e no D14 foram levadas para laboratório para realização
184 de pré-secagem em estufa calibrada a 55 °C por 72 horas e em seguida determinado o teor de
185 matéria seca (MS) em estufa a 105 °C por 24 horas. Após a pré-secagem, parte da amostra foi
186 acondicionada em saco plástico, identificada e armazenadas a -20 °C para posteriores análises
187 de macro e microelementos. A modificação na concentração dos elementos minerais na massa
188 de suplemento foi determinada através da comparação da composição química do suplemento
189 fornecido (como fornecido) e após 14 dias de exposição ao ambiente e consumo pelos animais
190 (sobras).

191 Foi realizada coleta de fezes ao final do período experimental (abril/2017), em todos os
192 animais do estudo. As amostras foram coletadas diretamente na ampola retal, acomodando-as
193 em sacos plásticos e então congeladas a -20° C. Posteriormente, foram secas em estufa de
194 ventilação forçada, a 55 °C por 72 horas, moídas em moinho de facas com peneira de 1 mm e,
195 em seguida, enviadas para análise para determinação das concentrações de cálcio (Ca), fósforo
196 (P), sódio (Na), magnésio (Mg), cobre (Cu), zinco (Zn) e manganês (Mn).

197 Com intuito de avaliar a compactação da massa de suplemento ao longo do período de
198 exposição ao ambiente e à ingestão pelos animais, medidas de força de penetração (FP) foram
199 realizadas com auxílio de um dinamômetro digital portátil (modelo DD-200, Instrutherm

200 instrumentos de Medição Ltda., São Paulo) com ponta chata, mensurados nos dias 2, 5, 7, 9, 11
201 e 14 após o fornecimento dos suplementos. Foram tomadas nove medidas em cada cocho, com
202 a inserção da sonda em profundidade de 1 cm na massa de suplemento, aproximadamente,
203 tomando-se o cuidado para não atingir a parede do cocho. Os valores foram registrados e a
204 média calculada para compor uma medida por cocho em cada dia de avaliação.

205 **5.3 Experimento 2**

206 *5.3.1 Animais, período e áreas experimentais*

207 Para o experimento 2, foi utilizada a mesma área experimental descrita no experimento
208 1, assim como o mesmo delineamento experimental e manejo sanitário dos animais. O
209 experimento foi realizado entre novembro de 2017 e março de 2018, compreendendo 15 dias
210 de adaptação e 123 dias de coletas de dados, dividido em e utilizou-se 88 bovinos cruzados,
211 sendo 52 fêmeas (252 ± 32 kg PV inicial) e 36 machos (257 ± 31 kg PV inicial), com
212 aproximadamente 14 meses de idade.

213 Os animais foram distribuídos nos tratamentos considerando gênero e PV. Cada gênero
214 ocupou seis piquetes, no qual foram manejados em lotação contínua, sem ajustes de carga ao
215 longo do período experimental.

216 *5.3.2 Tratamentos e procedimentos para suplementação*

217 O experimento 2 foi delineado com os mesmos tratamentos do experimento 1,
218 comparando SPD e SAD (Agglomerax 1), distribuídos nos piquetes seguindo um delineamento
219 em blocos ao acaso (área experimental dividida em bloco 1 e 2), os suplementos foram
220 fornecidos em cochos plásticos sem cobertura, nas mesmas dimensões descritas no experimento
221 1, com dreno de 8 mm de diâmetro no fundo do cocho, com intuito de permitir o escoamento
222 da água acumulada pela chuva, e o fornecimento de suplemento foi realizado apenas no início
223 do período de avaliação (D0), em quantidade fixa de 13 kg de suplemento.

224 5.3.3 *Coletas e avaliações*

225 A duração dos subperíodos (14 dias) e os procedimentos utilizados para avaliação do
226 desempenho animal, do desaparecimento de suplementos e da compactação da massa de
227 suplemento foram semelhantes ao experimento 1. No entanto, com intuito de simular uma
228 realidade em que nenhuma interferência ocorreria sobre a massa de suplemento por um período
229 de 14 dias, a massa de suplemento não foi revolvida no D7. No D14 as sobras foram retiradas,
230 pesadas, amostradas para análise de MS e composição mineral e, então, um novo
231 reabastecimento foi realizado. Amostras dos suplementos fornecidos foram colhidas para
232 posterior análise.

233 Ao final do período experimental (março/2018), foram coletadas amostras de fezes em
234 todos os animais. A coleta e processamento das amostras foram realizadas conforme descrito
235 no experimento 1.

236 **5.4 Experimento 3**

237 5.4.1 *Animais, período e áreas experimentais*

238 O experimento 3 foi realizado entre os meses de dezembro de 2019 e março de 2020,
239 compreendendo 110 dias de avaliação, sendo 15 dias para adaptação e 95 dias de coleta de
240 dados. Foram usados 168 novilhos cruzados, com 205 ± 15 kg de PV inicial e 12 meses de
241 idade. Os animais foram mantidos em duas áreas distintas (bloco 3 e bloco 4), sendo a primeira
242 formada por *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e dividida em 12 piquetes de 4 ha cada e a
243 segunda formada por *Brachiaria* spp. cv. BRS RB331 Ipyporã dividida em 9 piquetes de
244 aproximadamente 1,5 ha cada. Os animais foram distribuídos aleatoriamente nos piquetes,
245 sendo alocados oito animais avaliadores no bloco 3, em lotação contínua e com carga fixa, e
246 oito animais avaliadores no bloco 4, em lotação contínua e carga variável.

247 5.4.2 *Tratamentos e procedimentos de suplementação*

248 Foram avaliados três tratamentos, distribuídos seguindo delineamento em blocos ao
249 acaso. O piquete foi considerado unidade experimental e foram utilizadas sete unidades

250 experimentais por tratamento. Os tratamentos foram 1) suplemento em pó fornecido em cocho
251 coberto (SPC), 2) suplemento em pó fornecido em cocho descoberto (SPD) e 3) suplemento
252 aglomerado (Aglomerax 2) fornecido em cocho descoberto (SAD).

253 Para o tratamento em que o suplemento em pó foi fornecido em cocho coberto, um
254 cocho foi instalado em estrutura de madeira com cobertura de fibrocimento e dimensão 2 x 2
255 m, fechada nas laterais. O cocho não possuía dreno para escoamento de água da chuva e
256 permaneceu a 0,6 m do solo. Já para os tratamentos com cochos sem cobertura, foram utilizadas
257 as mesmas estruturas empregadas nos experimentos 1 e 2, porém com drenos na borda lateral
258 do cocho, com diâmetro de 40 mm, em altura aproximada de 3 cm de seu limite inferior, no
259 local do dreno foi instalada uma tela de nylon para retenção de partículas não solubilizadas do
260 suplemento.

261 Os suplementos foram avaliados em subperíodos de 21 dias, sendo fornecidos no D0 e
262 as sobras retiradas, pesadas e amostradas no dia 21 (D21). A quantidade ofertada de cada
263 suplemento no D0 foi de 180 g/animal/dia, valor definido com base no desaparecimento
264 avaliado nos experimentos 1 e 2 e com a expectativa de número de animais por piquete, para
265 ser suficiente para garantir a obtenção de sobras. Ao longo do subperíodo, a massa de
266 suplemento foi revolvida manualmente no D7 e no D14 para desintegração e homogeneização,
267 porém sem fornecimento de quantidades adicionais.

268 5.4.3 Coletas e avaliações

269 Os animais foram pesados no início do experimento e a cada 28 dias, após 16 h de jejum
270 de sólidos. Foi calculado o GMD referente ao período experimental total (PV final do
271 experimento menos PV inicial, dividido pelo período experimental total) e também o PV médio
272 no período total, este último para fins de cálculo do desaparecimento em gramas por quilograma
273 de PV. O desaparecimento foi determinado pela diferença entre a quantidade ofertada no D0 e
274 a quantidade de suplemento presente no cocho no D21, dividido pelo número de dias e número

275 de animais no piquete. No dia do fornecimento (D0) e no último dia do subperíodo, uma amostra
276 de cada suplemento foi coletada para determinação da matéria seca e composição mineral. O
277 processamento das amostras a partir da coleta foi realizado conforme descrito no Experimento
278 1.

279 A compactação da massa de suplemento foi avaliada conforme metodologia descrita nos
280 experimentos 1 e 2. Para este experimento, a força para penetração foi avaliada a partir de
281 apenas três medidas, distribuídas de forma equidistante na porção central da massa de
282 suplemento. As três medidas colhidas compuseram uma única medida média para cada cocho
283 e foram realizadas nos D7, D14 e D21, imediatamente antes do revolvimento da massa de
284 suplemento.

285 Foram sorteados 3 animais de cada piquete, 21 animais de cada tratamento, compondo
286 63 animais no total, para realização da coleta de sangue e fezes com o objetivo de determinar a
287 concentração de elementos minerais. As coletas de sangue ocorreram após 53 dias de
288 experimento, enquanto as amostras de fezes foram coletadas apenas no final do experimento
289 (março/ 2020). A coleta e processamento das amostras de fezes foram realizadas conforme
290 descrito no experimento 1. Para determinação dos níveis plasmáticos de macrominerais foram
291 colhidas amostras de sangue na veia coccígea em tubos a vácuo de 6 ml (Vacutainer- Becton
292 Dickinson Ind. Cirúrgicas Ltda) contendo heparina de lítio. Após colhido, o sangue foi
293 imediatamente armazenado em isopor com gelo até ser centrifugado a 1200 rpm por 30 minutos
294 para obtenção do plasma, que foi colocado em tubos Eppendorf e congelado a -20 °C até serem
295 analisadas quanto aos teores de Ca, P e Mg.

296 **5.5 Avaliação de forragem**

297 Avaliação da forragem nos piquetes experimentais foram realizadas a cada 28 dias, ao
298 qual foram utilizadas duas técnicas. O método de avaliação indireta, conforme descrito por
299 Haydock e Shaw (1975), foi empregada nos experimentos 1 e 2 e no bloco 3 do experimento 3.
300 Já no bloco 4 do experimento 3, foi utilizado o método de avaliação direta, com a coleta de 36

301 amostras aleatórias de 1 m² por piquete, cortada rente ao solo. Em ambos os casos, as amostras
302 foram pesadas para determinação do peso verde, em seguida dividida em duas sub-amostras.
303 Uma sub-amostra foi utilizada para estimativa da massa de forragem (MF), sendo secas em
304 estufa de ventilação forçada (65 ° C por 72 horas) em seguida, pesadas e descartadas. As demais
305 sub-amostras foram compostas e submetidas a separação dos componentes morfológicos (folha,
306 colmo e material morto). Após a separação, os componentes foram acondicionados em sacos
307 de papel, secos a 55 ° C por 72 horas, pesadas, moídas em moinho de facas com peneira de 1
308 mm em seguida destinadas a análises laboratoriais. As amostras de folha foram analisadas para
309 determinação da composição química e concentração de minerais.

310 **5.6 Análises laboratoriais**

311 As análises de elementos minerais das amostras de suplemento ofertado, sobras, fezes e
312 forragem foram realizadas pela técnica de espectrometria de emissão óptica por plasma
313 indutivamente acoplado (ICP- OES). Foram determinadas as concentrações de Ca, P, Na, Mg,
314 Zn, Cu e Mn.

315 No laboratório, as amostras foram homogeneizadas, maceradas em almofariz com
316 pistilo e transferidas (0,5 g) para um Erlenmeyer de 250 ml para digestão ácida. Foram
317 adicionados 20 ml de solução ácido nítrico 50%/ ácido clorídrico 50% (1:1) e o Erlenmeyer
318 com a solução e amostra foi colocado em chapa aquecida a 400 °C até redução de 50% do
319 volume inicial, sem deixar entrar em ebulição. Na sequência, o extrato foi filtrado em papel
320 filtro qualitativo (gramatura 80 g/m²), transferido para balão volumétrico de 500 ml e uma
321 alíquota de 10 ml foi transferida para um balão de 100 ml para realização das leituras. Em todas
322 as etapas da análise foram utilizados água deionizada e reagentes com alto grau de pureza. Para
323 determinar os teores de elementos minerais nas amostras de forragem e fezes, antes de serem
324 submetidas a digestão, foram calcinadas em mufla a 600 °C por 4 horas para eliminação da
325 matéria orgânica. As leituras foram realizadas em triplicata em espectrofotômetro de emissão

326 atômica com plasma por microndas (equipamento Agilent 4100 MP- AES, Agilent
327 Technologies), com devida calibração.

328 Para determinar os teores de Ca, P e Mg no plasma, foram utilizados kit comerciais
329 LabTest (Labtest® - Labtest Diagnóstica S. A., Lagoa Santa - MG), por metodologia
330 colorimétrica e leituras de absorvância realizadas em espectrofotômetro automático modelo
331 BEL SPECTRO S-2000, Bel Engineering®, Itália). A composição bromatológica da forragem
332 foi estimada por análise de espectroscopia de refletância no infravermelho próximo (NIRS),
333 conforme Marten et al. (1989), em aparelho NIRFlex NJ-500, dotado de software NIRWare
334 SW 1.6 (Buchi, Suíça), com calibrações para amostras forrageiras dos gêneros *Brachiaria* e
335 *Panicum* e as frações PB (R^2 calibração = 0,847, R^2 validação = 0,836, Desvio-padrão (DP)
336 calibração = 1,510, DP validação = 1,483), FDN (R^2 calibração = 0,667, R^2 validação = 0,698,
337 DP calibração = 8,738, DP validação = 8,123), FDA (R^2 calibração = 0,825, R^2 validação =
338 0,730, DP calibração = 4,520, DP validação = 5,427) e DIVMO (R^2 calibração = 0,874, R^2
339 validação = 0,878, DP calibração = 4,080, DP validação = 4,113).

340 **5.7 Procedimentos estatísticos**

341 Os dados foram analisados quanto à presença de outliers (± 3 desvios-padrão) e submetidos
342 a análise de verossimilhança restrita. Para avaliação dos PV iniciais e finais, GMD,
343 desaparecimento de suplemento em gramas por quilograma de PV, concentração de minerais
344 nas fezes e no sangue, foi utilizado o seguinte modelo:

$$345 \quad Y_{ij} = \mu + B_j + T_i + e_{ij}$$

346 Onde: Y_{ij} = Valor observado no bloco j e no tratamento i ; μ = Efeito médio geral; B_j = Efeito
347 do bloco j (j = sexo, bloco dentro da área experimental); T_i = Efeito do tratamento i (i = SPC,
348 SPC e SAD); e_{ij} = Erro associado ao tratamento i no bloco j .

349 Para avaliação dos dados de desaparecimento de suplemento em gramas por animal por dia
350 e composição de macro e microelementos das sobras, foi utilizada análise de medidas repetidas
351 no tempo, empregando-se o seguinte modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + B_j + \alpha_{ij} + P_k + (T * P)_{ik} + \beta_{ijk};$$

Onde: Y_{ijk} = Valor observado no tratamento i , bloco j , período k ; μ = Efeito médio geral; B_j = Efeito do bloco J ; T_i = Efeito do tratamento i (i = SPC, SPC e SAD); α_{ij} = Efeito do erro aleatório atribuído a parcela; P_k = Efeito do período k , $k = 1, 2, 3, \dots$; $(TP)_{ik}$ = Efeito da interação entre tratamento e período; β_{ijk} = Erro aleatório atribuído à subparcela.

Já para avaliação dos dados força para penetração na massa de suplemento, foi utilizado o modelo a seguir:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + B_j + \alpha_{ij} + P_k + D_x + (T * P)_{ik} + (P * D)_{ix} + \beta_{ijk}$$

Onde: Y_{ijk} = Valor observado no tratamento i , bloco j , período k ; μ = Efeito médio geral; B_j = Efeito do bloco J ; T_i = Efeito do tratamento i (i = SPC, SPC e SAD); α_{ij} = Efeito do erro aleatório atribuído a parcela; P_k = Efeito do período k , $k = 1, 2, 3, \dots$; $(TP)_{ik}$ = Efeito da interação entre tratamento e período; $(PD)_{ix}$ = Efeito da interação do dia dentro do subperíodo; β_{ijk} = Erro aleatório atribuído à subparcela. A estrutura de matriz de (co)variância empregada nas análises com medidas repetidas no tempo foi a de simetria composta.

Os efeitos foram considerados significantes a um nível de significância de 5% e as médias apresentadas como médias dos quadrados mínimos. Quando necessário (Experimento 3), as médias foram comparadas pelo teste Tukey-Kramer. As análises foram realizadas utilizando-se o procedimento Mixed do software SAS, versão 9.4 (SAS Institute, Cary, NC, EUA).

6 RESULTADOS

6.1 Caracterização da forragem nos experimentos realizados

Observou-se que no experimento 1 a MF foi 15 toneladas MS/ha, enquanto nos experimentos 2 e 3 as médias foram próximas a 5 toneladas de MS/ha (Tabela 2). Da mesma forma, as características de morfológicas, tais como porcentagem de folha e colmo foram muito similares nos experimentos 2 e 3. A diferença na quantidade de MF ocorreu pelo fato de a área usada no experimento 1 ter ficado um período sem ser pastejada, resultando em acúmulo de forragem. Ainda em relação as características da forragem no experimento 1, em comparação

378 aos experimentos 1 e 2, observou-se maior proporção de fibra em detergente neutro (FDN) e
379 colmo, redução na proporção de folhas e digestibilidade in vitro da matéria orgânica (DIVMO),
380 além de menor relação folha:colmo.

381 As concentrações de Ca, P, Na e Mg nas folhas foram semelhantes entre os experimentos
382 2 e 3. Em contrapartida, as concentrações de Zn, Cu e Mn tiveram maior variação, sendo
383 observado maiores valores de Zn e Cu no experimento 3, e menor teor de Mn no mesmo
384 experimento em relação ao segundo experimento (Tabela 2).

385

386

387

388

389

390

391

392

393

394

395

396

397

398

399

400

401

402

403 **Tabela 2-** Características estruturais e composição química dos pastos durante os experimentos

Variável	Experimento 1	Experimento 2	Experimento 3
MF ^a , kg/ha MS	15.266,42±1.089,48	4.964,00±141,70	4753,00±699,71
Folha, %	27,43±3,42	45,23±2,54	44,29±6,30
Colmo, %	33,16±2,21	26,4±3,87	32,4±7,18
Material morto, %	29,41±1,21	28,36±8,81	23,31±2,97
Relação F:C ^b	0,83	1,26	1,37
PB ^c , %	8,53±0,22	7,73±0,58	8,22±0,40
DIVMO ^d , %	53,35±0,82	53,87±0,04	44,94±0,06
FDN ^e , %	73,19±0,29	53,87±2,11	36,39±0,75
FDA ^f , %	34,95±0,42	37,96±0,63	47,05±2,04
Ca, g/kg	Nd ^g	3,65±0,38	3,46±0,51
P, g/kg	Nd	1,74±0,18	2,22±0,75
Na, g/kg	Nd	0,32±0,09	0,60±0,19
Mg, g/kg	Nd	3,77±0,42	3,45±0,57
Zn, mg/kg	Nd	19,75±5,8	49,56±17,48
Cu, mg/kg	Nd	8,22±2,75	28,54±10,76
Mn, mg/kg	Nd	91,74±13,69	68,04±10,83

404 ^aMassa de forragem; ^bRelação folha:colmo; ^cProteína bruta; ^dDigestibilidade in vitro da matéria orgânica; ^eFibra
405 em detergente neutro; ^fFibra em detergente ácido. ^gNão determinado.

406 **6.2 Experimento 1**

407 *6.2.1 Desempenho animal, desaparecimento de suplemento e concentração de minerais nas* 408 *fezes*

409 Não houve diferença significativa ($P>0,05$) para PV inicial, PV final e GMD nos
410 tratamentos avaliados (Tabela 3). Houve tendência de maior desaparecimento do SPD, quando
411 avaliado em gramas por animal por dia ($P<0,10$) e maior desaparecimento do SPD quando

412 expresse em gramas por quilograma do PV ($P < 0,05$). Não foram encontradas diferenças
 413 significativas ($P > 0,05$) nas concentrações de Na, Ca, P, Mg, Zn, Cu e Mn nas fezes de bovinos,
 414 recebendo suplementos minerais em pó ou aglomerado (Tabela 3).

415 **Tabela 3-** Desempenho animal, desaparecimento de suplemento e concentração de minerais
 416 nas fezes

Item	Tratamento		EPM ^e	P>F ^f
	SPD ^a	SAD ^b		
Desempenho animal				
PV ^c inicial, kg	224,00	225,00	3,43	0,95
PV final, kg	328,00	327,00	3,83	0,79
GMD ^d , kg/dia	0,83	0,81	0,01	0,37
Desaparecimento de suplemento				
g/dia	68,90	59,10	3,81	0,10
g/kg PV/dia	0,25	0,21	0,01	0,05
Concentração de minerais nas fezes				
Na, g/kg	3,31	2,99	0,31	0,62
Ca, g/kg	5,51	5,44	0,21	0,85
P, g/kg	3,02	3,11	0,10	0,70
Mg, g/kg	2,80	2,67	0,16	0,46
Zn, mg/kg	51,10	52,50	3,18	0,84
Cu, mg/kg	22,00	18,00	1,57	0,22
Mn, mg/kg	186,40	183,10	11,70	0,83

^a Suplemento em pó fornecido em cocho descoberto; ^b Suplemento aglomerado fornecido em cocho descoberto; ^c Peso vivo; ^d Ganho médio diário; ^e Erro padrão da média; ^f Probabilidade de um erro tipo I.

417 6.2.2 *Modificação na concentração de macro e microminerais nos suplementos fornecidos*
418 A composição de Na, Ca, P, Mg, Cu, Zn e Mn nos suplementos ofertados e nas sobras
419 após 14 dias de exposição ao ambiente e aos animais está apresentada na Tabela 4. Não houve
420 efeito do tipo de suplemento ($P>0,05$) sobre os teores de Na e Ca nas sobras recuperadas após
421 o período de exposição. Em comparação as concentrações no momento do fornecimento houve
422 redução na quantidade de Na e aumento na concentração de Ca. Houve diferença significativa
423 ($P<0,05$) nas concentrações de P e Mg, que apresentaram maiores valores no SPD. As
424 concentrações destes elementos nas sobras foram superiores às concentrações registradas no
425 momento do fornecimento. Efeito significativo foi observado nas concentrações de Cu, com
426 maior valor no SPD ($P<0,05$). Comportamento inverso foi observado nos teores de Zn e Mn,
427 no qual maiores concentrações foram encontradas no suplemento aglomerado ($P<0,05$).
428 Maiores concentrações de Cu, Zn e Mn foram encontradas nas sobras dois tratamentos em
429 comparação a composição no momento do fornecimento, com maiores teores de Zn e Mn no
430 SAD, enquanto o Zn apresentou maior quantidade no SPD.

431

432

433

434

435

436

437

438

439

440

441 **Tabela 4-** Modificação na concentração de macro e microelementos de suplementos minerais
 442 expostos ao ambiente e pelo consumo por bovinos

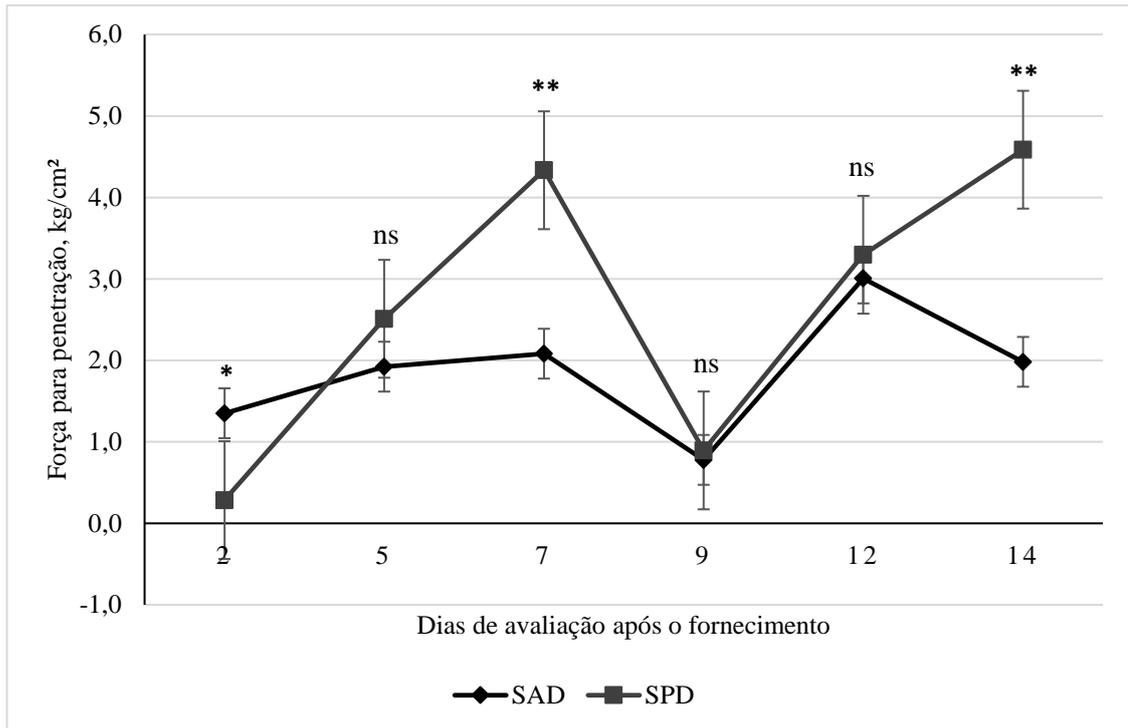
Elemento	Ofertado		Sobras		EPM ^c	P>F ^d
	SPD ^a	SAD ^b	SPD	SAD		
Na, g/kg	137,70	137,00	82,60	85,40	2,20	0,49
Ca, g/kg	148,80	153,90	192,20	193,10	2,30	0,81
P, g/kg	86,00	81,00	94,50a	89,00b	1,00	0,01
Mg, g/kg	13,10	12,00	17,50a	15,50b	0,20	<0,01
Cu, mg/kg	1436,00	1427,00	1718,00a	1502,00b	18,10	<0,01
Zn, mg/kg	3983,00	3998,00	4268,00b	4902,00a	60,03	<0,01
Mn, mg/kg	824,00	987,00	1303,00b	1554,00a	20,20	<0,01

^a Suplemento em pó fornecido em cocho descoberto; ^b Suplemento aglomerado fornecido em cocho descoberto;

^c Erro padrão da média referente aos valores dos elementos nas sobras; ^d Probabilidade de um erro tipo I para o efeito de tratamento. Letras diferentes minúsculas na linha indicam diferença entre as médias a um nível de 5% de significância.

443 6.2.3 Compactação da massa de suplemento

444 Na Figura 1 são representados os resultados da força de penetração da massa de
 445 suplemento ao longo dos subperíodos de avaliação, medida que indica o grau de compactação
 446 da massa de suplemento quando exposto ao ambiente e ao consumo pelos animais. Houve efeito
 447 significativo do tipo de suplemento, do dia de avaliação após o fornecimento dos suplementos
 448 e da interação entre tipo de suplemento e dia de avaliação ($P < 0,05$). Neste experimento, em que
 449 a massa de suplemento foi revolvida manualmente no dia 7, observou-se que o suplemento
 450 aglomerado apresentou maior força para penetração ($P < 0,05$) no dia 2, força similar ao
 451 suplemento em pó no dia 5 ($P > 0,05$) e menor força no dia 7 ($P < 0,001$). Nos dias 9 e 12, seguidos
 452 do revolvimento no dia 7, não houve diferença entre os tratamentos ($P > 0,05$), porém menor
 453 força para penetração do suplemento aglomerado foi observada no dia 14 ($P < 0,001$).



454

455 **Figura 1-** Dinâmica de compactação de suplementos minerais expostos ao ambiente e aos
 456 animais. ns = não significativo ($P > 0,05$), * = $P < 0,05$ e ** = $P < 0,001$.

457 6.3 Experimento 2

458 6.3.1 Desempenho animal e desaparecimento de suplemento

459 Não houve diferença significativa para PV inicial e PV final nos tratamentos avaliados
 460 ($P > 0,05$). Foi observada tendência ($P < 0,10$) para maior GMD dos animais do tratamento SAD.
 461 Não foram constatados efeitos significativos do tipo de suplemento sobre o desaparecimento de
 462 suplemento mineral em g/dia ou em g/kg PV/dia. Comportamento semelhante foi observado na
 463 concentração de macro e microminerais nas fezes, onde não houve diferença significativa entre
 464 os tratamentos avaliados.

465

466

467

468 **Tabela 5-** Desempenho animal, desaparecimento de suplemento e concentração de minerais
 469 nas fezes de bovinos recebendo suplementação mineral em pó ou aglomerado

Item	Tratamento		EPM ^e	P>F ^f
	SPD ^a	SAD ^b		
Desempenho animal				
PV ^c inicial, kg	254,90	255,30	3,51	0,58
PV final, kg	336,80	342,50	4,70	0,22
GMD ^d , kg/dia	0,61	0,65	0,02	0,09
Desaparecimento de suplemento				
g/dia	90,50	87,70	5,37	0,80
g/kg PV/dia	0,31	0,29	0,17	0,58
Concentração de minerais nas fezes				
Na, g/kg	2,73	2,91	0,16	0,55
Ca, g/kg	7,93	8,86	0,59	0,45
P, g/kg	4,46	4,38	0,15	0,79
Mg, g/kg	3,60	3,42	0,12	0,48
Zn, mg/kg	79,90	98,50	12,10	0,48
Cu, mg/kg	36,40	47,30	4,57	0,26
Mn, mg/kg	212,90	205,20	12,40	0,75

^a Suplemento em pó fornecido em cocho descoberto; ^b Suplemento aglomerado fornecido em cocho descoberto;

^c Peso vivo; ^d Ganho médio diário; ^e Erro padrão da média; ^f Probabilidade de um erro tipo I.

470 **6.3.2** *Modificação na concentração de macro e microminerais nos suplementos fornecidos*

471 Houve interação significativa ($P < 0,05$) do tipo de suplemento sobre os teores de Na
 472 massa de suplemento após o período de exposição ao tempo e aos animais, sendo encontrado
 473 maior valor para o SPD (Tabela 6). Em comparação aos teores iniciais, o Na foi o único entre
 474 os macrominerais que teve redução na sua concentração, apresentando menor quantidade por

475 kg no SAD. Os teores de Ca apresentaram efeito significativo ($P < 0,05$), sendo maiores
 476 concentrações registradas no SAD. Não houve efeito significativo ($P > 0,05$) do tipo de
 477 suplemento sobre as concentrações de P nas sobras após 14 dias de exposição. Diferença
 478 significativa ($P < 0,05$) foi encontrada nos teores de Mg, maior concentração deste elemento foi
 479 registrada no SPD.

480 Houve efeito significativo do tipo de suplemento sobre as concentrações de Cu, Zn e
 481 Mn nos tratamentos avaliados, maiores valores foram observados no SAD, que também foram
 482 superiores a composição inicial deste suplemento (Tabela 6). No tratamento SPD foram
 483 observadas menores variações nas concentrações de Cu, Zn e Mn, com pequeno aumento na
 484 concentração de Zn e Mn, e redução nos teores de Cu em comparação ao ofertado.

485 **Tabela 6-** Modificação na concentração de macro e microminerais de suplementos minerais
 486 em pó ou aglomerado expostos ao ambiente e consumo animal

Elemento	Ofertado		Sobras		EPM ^c	P>F ^d
	SPD ^a	SAD ^b	SPD	SAD		
Na, g/kg	135,10	133,70	107,70a	90,10b	3,17	<0,01
Ca, g/kg	160,80	162,20	164,60b	190,10a	2,26	<0,01
P, g/kg	80,60	80,50	82,10	82,70	1,02	0,59
Mg, g/kg	11,90	14,40	21,30a	20,70b	0,24	0,04
Cu, mg/kg	1447,00	1613,00	1389,00b	1638,00a	24,80	<0,01
Zn, mg/kg	3999,00	4041,00	4119,00b	4914,00a	152,40	0,01
Mn, mg/kg	989,00	1132,00	1205,00b	1392,00a	21,10	<0,01

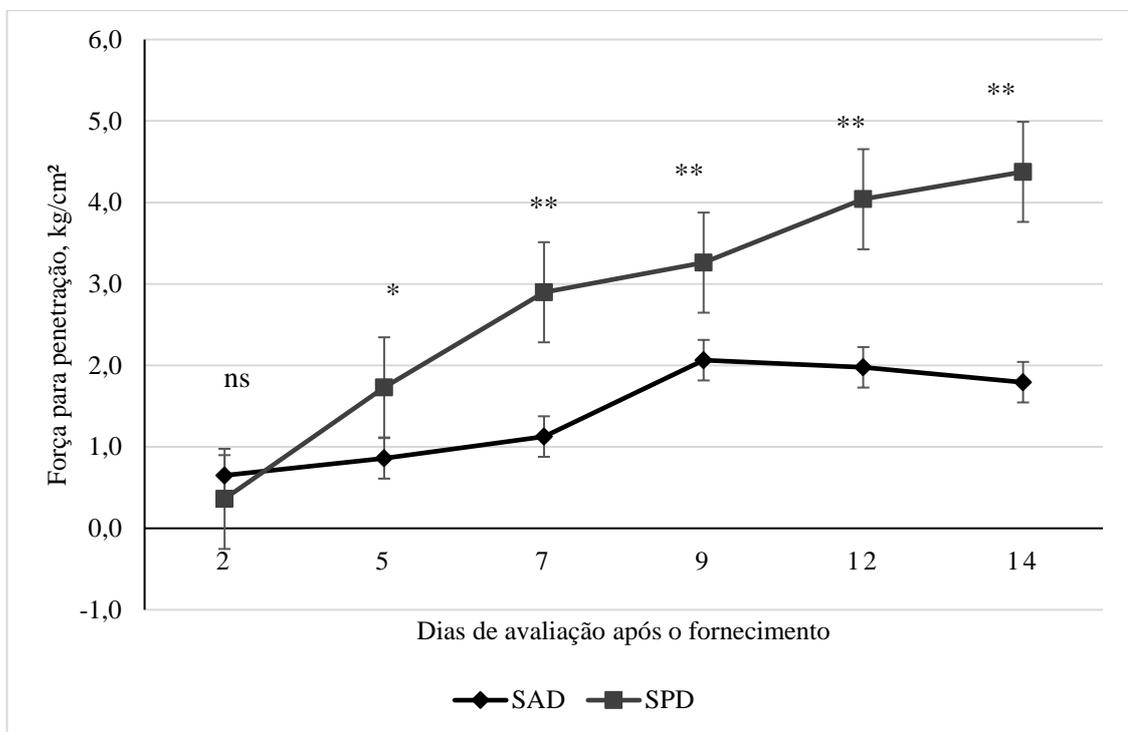
^a Suplemento em pó fornecido em cocho descoberto; ^b Suplemento aglomerado fornecido em cocho descoberto;

^c Erro padrão da média referente aos valores dos elementos nas sobras; ^d Probabilidade de um erro tipo I para o efeito de tratamento. Letras diferentes minúsculas na linha indicam diferença entre as médias a um nível de 5% de significância.

487 6.3.3 Compactação da massa de suplemento

488 Não houve diferença entre os tratamentos quanto à força para penetração no dia 2
 489 ($P>0,05$), enquanto menores valores foram observados para o suplemento aglomerado nos dias
 490 5 ($P<0,05$), 7, 9, 12 e 14 ($P<0,001$). Neste experimento, a duração do período e o intervalo entre
 491 avaliações foram iguais ao experimento 1, entretanto não foi realizado revolvimento da massa
 492 e reabastecimento de suplemento no dia 7 (Figura 2).

493



494

495 **Figura 2-** Dinâmica de compactação de suplementos minerais expostos ao ambiente e aos
 496 animais. ns = não significativo ($P>0,05$), * = $P<0,05$ e ** = $P<0,001$.

497 6.4 Experimento 3

498 6.4.1 Desempenho animal e desaparecimento de suplemento

499 O tipo de suplemento mineral (aglomerado ou em pó) não afetou o desempenho animal
 500 ($P>0,5$). Da mesma forma o tipo de cocho utilizado não afetou o GMD de bovinos em pastejo.
 501 Não houve diferença significativa ($P>0,05$) para PV inicial e PV final entre os tratamentos
 502 (Tabela 8).

503 **Tabela 7-** Desempenho animal, desaparecimento de suplemento, concentração de minerais nas
 504 fezes e no sangue de bovinos recebendo suplementação mineral em pó ou aglomerado
 505 fornecidos em cochos cobertos e descobertos

Item	Tratamentos			EPM ^f	P>F ^g
	SPC ^a	SPD ^b	SAD ^c		
Desempenho animal					
PV ^d inicial, kg	208,00	208,00	207,00	2,28	0,98
PV final, kg	271,00	275,00	273,00	4,64	0,83
GMD ^e , kg/dia	0,75	0,79	0,78	0,03	0,70
Desaparecimento de suplemento					
g/dia	99,30	104,20	113,60	2,61	0,05
g/kg PV/dia	0,41	0,43	0,48	0,01	0,05
Concentração de minerais nas fezes					
Na, g/kg	6,04b	7,91ab	9,69a	0,654	0,02
Ca, g/kg	5,43	5,81	6,70	0,35	0,36
P, g/kg	4,08	4,35	5,31	0,31	0,06
Mg, g/kg	3,65	4,01	3,90	0,20	0,76
Zn, mg/kg	97,00	72,40	111,50	9,68	0,26
Cu, mg/kg	53,40	46,70	61,80	2,84	0,09
Mn, mg/kg	140,90	140,00	151,80	9,27	0,87
Concentrações de minerais no sangue					
Ca, mg/dL	9,03	8,97	8,88	0,05	0,37
P, mg/dL	5,59	5,84	6,50	0,17	0,08
Mg, mg/dL	1,73	1,65	1,53	0,04	0,48

^a Suplemento em pó fornecido em cocho coberto; ^b Suplemento em pó fornecido em cocho descoberto; ^c Suplemento aglomerado fornecido em cocho descoberto; ^d Peso vivo; ^e Ganho médio diário. ^f Erro padrão da média; ^g Probabilidade de um erro tipo I.

506 Houve uma tendência ($P < 0,10$) de maior desaparecimento do suplemento aglomerado
507 em gramas por animal dia (g/dia) e em gramas por quilograma do PV (g/kg PV/dia), em
508 comparação ao suplemento em pó (Tabela 8). A concentração de Na nas fezes apresentou
509 diferença significativa ($P < 0,05$) entre os tratamentos, sendo que a maior concentração de Na
510 foi maior no SAD em comparação ao SPD ($P < 0,05$). Não houve efeito de tratamento ($P > 0,05$)
511 sobre as concentrações de Ca, Mg, Zn e Mn nas fezes. Houve uma tendência ($P < 0,10$) para
512 maiores concentrações de P e Cu nas fezes de animais do SAD.

513 Não houve efeito significativo dos tratamentos ($P > 0,05$) sobre as concentrações séricas
514 de Ca, Mg. Foi observado uma tendência ($P < 0,10$) de maior concentração de P no sangue de
515 animais suplementados com o mineral aglomerado (Tabela 7).

516 6.4.2 *Composição do suplemento fornecido e das sobras*

517 O suplemento em pó ofertado em cocho coberto apresentou maior teor de Na nas sobras
518 (Tabela 8), quando comparado ao aglomerado, que também foi superior ao pó ofertado em
519 cocho descoberto ($P < 0,05$). Em relação as concentrações iniciais de Na, o suplemento
520 aglomerado, apesar de apresentar maior concentração no início (ofertado), foi o tratamento que
521 teve maior redução na quantidade deste elemento, enquanto o suplemento em pó fornecido em
522 cocho coberto apresentou menor redução. Os demais macroelementos apresentaram pouca
523 variação nas concentrações nas sobras em comparação a composição inicial. Maiores
524 concentrações de Ca foram registradas no suplemento aglomerado, enquanto o suplemento em
525 pó fornecido em cocho coberto apresentou menor concentração ($P < 0,05$). Para o P, maiores
526 teores foram encontrados no suplemento aglomerado em relação ao pó ($P < 0,05$), que não diferiu
527 em relação a forma de fornecimento.

528 Os teores de Mg foram maiores no suplemento em pó comparado ao suplemento
 529 aglomerado ($P < 0,05$). No entanto, a concentração deste elemento no suplemento fornecido
 530 apresenta maior variação em relação aos demais minerais. Houve diferença significativa nas
 531 concentrações de Cu, Zn e Mn, sendo observadas maiores teores no suplemento aglomerado
 532 em relação ao suplemento em pó, no qual não teve diferença em relação a forma de
 533 fornecimento (Tabela 8). As concentrações destes elementos nas sobras do suplemento
 534 aglomerado foram maiores em relação as concentrações iniciais (Ofertado). Enquanto os teores
 535 de Cu e Zn foram inferiores nas sobras, o Mn apresentou maiores concentrações, nos
 536 tratamentos que avaliaram o suplemento em pó.

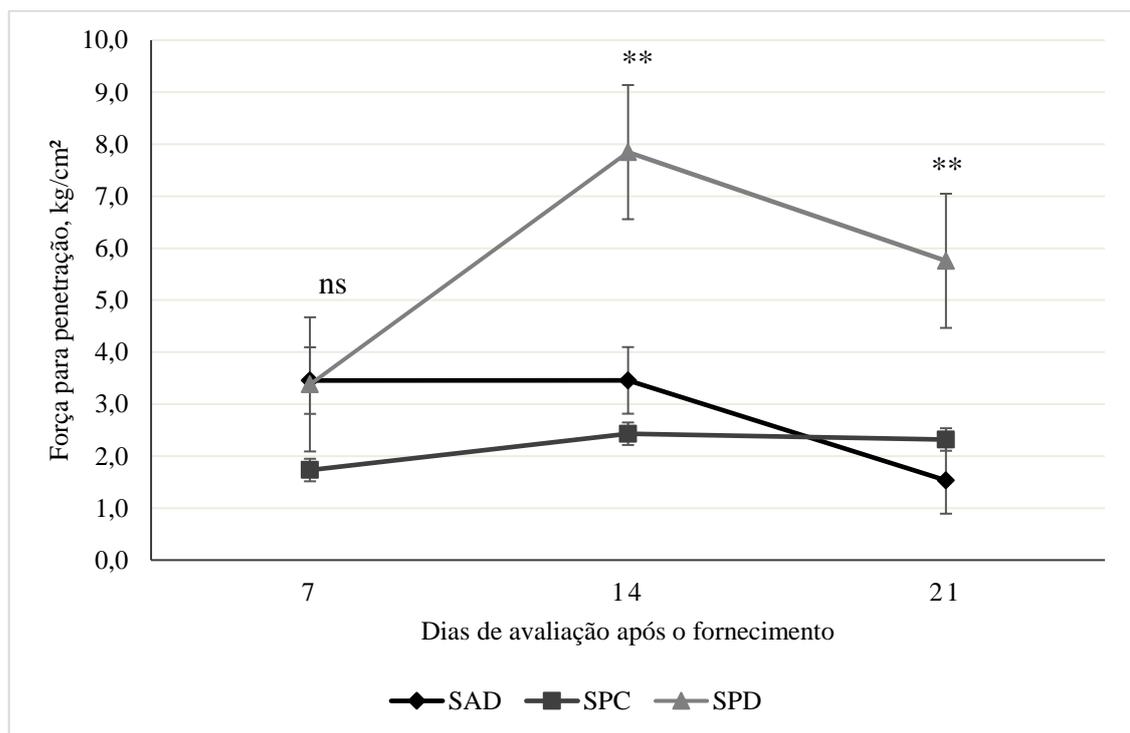
537 **Tabela 8-** Modificação na concentração de macro e microelementos de suplementos minerais
 538 expostos ao ambiente e pelo consumo por bovinos

Elemento	Ofertado		Sobras			EPM ^e	P>F ^f
	SP ^a	SAD	SPC ^b	SPD ^c	SAD ^d		
Na, g/kg	131,50	147,60	122,70a	113,50b	103,40c	1,63	0,01
Ca, g/kg	146,00	140,00	148,20b	153,50a	156,20a	1,11	0,07
P, g/kg	79,00	89,10	75,10b	78,00b	97,70a	1,09	<0,01
Mg, g/kg	16,80	9,60	16,20a	17,10a	9,60b	0,24	<0,01
Cu, mg/kg	1462,00	1461,00	1374,00b	1398,00b	1646,00a	15,3	<0,01
Zn, mg/kg	4734,00	4061,00	3268,00b	3471,00b	4116,00a	45,2	<0,01
Mn, mg/kg	994,00	1162,00	1043,00b	1093,00b	1241,00a	13,1	0,02

^a Suplemento em pó; ^b Suplemento em pó fornecido em cocho coberto; ^c Suplemento em pó fornecido em cocho descoberto; ^d Suplemento aglomerado fornecido em cocho descoberto; ^e Erro-padrão da média referente aos valores dos elementos nas sobras; ^f Probabilidade de um erro tipo I para o efeito de tratamento. Letras diferentes minúsculas na linha indicam diferença entre as médias a um nível de 5% de significância.

539 6.4.3 Compactação da massa de suplemento

540 São representados na Figura 3 os valores da força para penetração dos suplementos e
 541 estratégias de fornecimento avaliados nos dias 7, 14 e 21 do subperíodo de avaliação. Neste
 542 experimento, a massa de suplemento existente no cocho foi revolvida manualmente nos três
 543 dias avaliados, após a mensuração ser realizada. Houve efeito de tratamento, de dia de avaliação
 544 e interação entre tratamento e dia de avaliação ($P < 0,0001$). No dia 7, não houve diferença entre
 545 os tratamentos ($P > 0,05$). Já nos dias 14 e 21, o suplemento em pó fornecido em cocho
 546 descoberto apresentou maiores valores de força para penetração ($P < 0,05$) quando comparado
 547 ao suplemento aglomerado fornecido em cocho descoberto e ao suplemento em pó em cocho
 548 coberto ($P < 0,05$). Não houve diferença entre os tratamentos suplemento aglomerado em cocho
 549 descoberto e suplemento em pó em cocho coberto quando avaliados nos dias 14 e 21 ($P > 0,05$).



550

551

552 **Figura 3-** Dinâmica de compactação de suplementos minerais expostos ao ambiente e aos

553 animais. ns= não significativo, **= $P < 0,001$

554 7 DISCUSSÃO

555 A ausência de efeitos significativos dos tipos de suplemento mineral sobre o
556 desempenho animal nos três experimentos é um indicativo de que, independentemente do tipo
557 de suplemento ou estratégia de fornecimento, as exigências de macro e microminerais foram
558 atendidas (Tabelas 3, 5 e 7). Apesar de no experimento 2 ter havido uma tendência de maior
559 ganho de peso em animais recebendo suplemento aglomerado, tal resultado não é sustentado
560 pelas análises de desempenho dos demais experimentos realizados. Além disso, como a
561 ingestão de matéria seca é importante determinante do ganho de peso (NRC, 1996), a massa de
562 forragem disponível foi sempre superior a 2.000 kg/ha MS (Tabela 2), valor mínimo para que
563 o não ocorra diminuição no consumo de forragem (MINSON, 1990), independente do
564 tratamento. Com base nas observações do experimento 3, em que a suplementação mineral em
565 pó ocorreu em cochos cobertos e descobertos, é importante ressaltar que a ausência de cobertura
566 para os suplementos minerais em pó não necessariamente irá levar a prejuízos ao desempenho
567 animal, obviamente respeitando-se condições que permitam a adequada ingestão da mistura
568 mineral e respectivo atendimento das exigências nutricionais.

569 Para avaliar o desaparecimento das misturas minerais e o efeito da mudança na
570 composição do suplemento e da sua compactação, este estudo delineou variações nas
571 configurações de drenos dos cochos e também nos procedimentos de oferta, considerando
572 possíveis diferenças no padrão de lixiviação de elementos pela chuva e na compactação da
573 massa em função do tipo de dreno e da forma física do suplemento. Os dados de
574 desaparecimento do suplemento no experimento 1 permitem deduzir que menores quantidades
575 de suplemento aglomerado foram ou ingeridas pelos animais ou lixiviadas pela água da chuva,
576 com diferenças na ordem de 15% quando comparado ao suplemento em pó. Com base nestes
577 resultados, os experimentos 2 e 3 foram realizados empregando-se drenos de maior diâmetro e
578 os resultados de desaparecimento foram então iguais entre os dois tipos de suplementos ou

579 tenderam a ser maiores para o suplemento aglomerado. Pela ausência de resultados que
580 permitam determinar a ingestão de suplementos pelos animais, este estudo deve que se limitar
581 a inferir que a quantidade de suplemento aglomerado empregado para mineralização de bovinos
582 pode diferir daquela do suplemento em pó, dependendo da estrutura e do procedimento para
583 seu fornecimento.

584 A avaliação da composição das sobras finais nos subperíodos permitiu observar
585 diferenças no padrão entre os suplementos e também entre os experimentos. Em geral, pode-se
586 inferir que a maior modificação se deu nas concentrações de Na, chegando-se a reduções de
587 aproximadamente 60%, o que pode ser explicado pelo fato de o cloreto de sódio compor mais
588 de 30% das misturas avaliadas (Tabelas 4, 6 e 8) e possuir elevada solubilidade. Dessa forma,
589 perdas deste elemento podem ter ocorrido pela água da chuva em cochos descobertos. A
590 redução na concentração de Na na massa de suplemento pode explicar o aumento na
591 concentração de outros elementos, tais como Ca, P, Mg, Cu e Mn, exceto para Zn, que pareceu
592 ser mais estável.

593 Na comparação entre os suplementos, o aglomerado mostrou reduzir em maior
594 proporção sua concentração de Na nos experimentos 2 e 3, enquanto no experimento 1
595 apresentou o mesmo teor que o suplemento em pó. Estes resultados devem ser relacionados
596 com o desaparecimento da mistura mineral no cocho, uma vez que o Na tem a função de induzir
597 e, ao mesmo tempo, limitar o consumo da mistura (McDOWELL & CONRAD, 1977). Quanto
598 ao desaparecimento, é possível que menores teores de Na no suplemento aglomerado podem
599 ser responsáveis pelo aumento na ingestão pelos animais (Tabelas 3, 5 e 7), refletindo em maior
600 desaparecimento do cocho, como indicado pela tendência ocorrida no experimento 3. De acordo
601 com McDowell (1996), a proporção adequada de Na na mistura mineral é de 30 a 40%, para
602 que ocorra adequada ingestão dos demais elementos da mistura. Tal fato provavelmente pode
603 explicar ao menos em parte os menores desaparecimentos do suplemento no experimento 1 não

604 terem sido replicados nos demais experimentos. Neste caso, pode ter ocorrido efeito do tipo de
605 dreno sobre possíveis perdas de elementos minerais.

606 Se o maior desaparecimento do suplemento aglomerado no experimento 3 for decorrente
607 de maior ingestão da mistura mineral pelos animais, a tendência de maior concentração de Na,
608 P e Cu nas fezes e de P no sangue poderia estar a isso relacionada. Todavia, se houve um maior
609 consumo e uma elevação dos teores desses minerais nas fezes, pode-se inferir que não está
610 havendo absorção adequada, o que explica as similaridades no desempenho entre os
611 tratamentos. Não foram detectados efeitos sobre o peso vivo e o desempenho animal. Por outro
612 ponto de vista, a ingestão de elementos além das exigências dietéticas, pode levar a problemas
613 de antagonismo, dificultando a absorção de outros minerais pelo animal, elevando excreções
614 minerais de macro e microminerais (McDONALD et al., 2011). Ademais, a excreção de
615 nutrientes na nutrição animal tem sido evitada devido ao potencial poluente de muitos
616 elementos e por caracterizar a atividade como de baixa eficiência no uso dos recursos naturais
617 (GEISERT, et al., 2010).

618 McDowell (1996), Tokarnia et al., (2000), Peixoto et al., (2005) e Suttle (2010) citaram
619 a compactação da massa de suplemento como um dos principais fatores que podem afetar o
620 consumo, devido à dificuldade dos animais para ingerir a mistura. O primeiro experimento deste
621 estudo demonstrou maior compactação ocorrido na massa do suplemento em pó em períodos
622 de 7 dias e foi ainda corroborado pelo segundo e terceiro experimento que mostraram
623 comportamentos semelhantes em períodos mais longos de exposição. Tais resultados são
624 provavelmente relacionados às diferenças nas estruturas físicas dos suplementos, sendo a forma
625 de grânulo favorável para que aconteça menor compactação.

626 Uma vez que a compactação pode reduzir até 10% o consumo de suplementos por
627 bovinos, por dificultar a ingestão de suplemento pelo animal (McDOWEELL, 1996), a
628 tendência de maior desaparecimento do suplemento aglomerado no experimento 3 pode ser

629 parcialmente explicada por uma maior facilidade de ingestão da mistura pelos animais devido
630 à menor capacidade de compactação. Em condições em que a compactação da massa de
631 suplemento possa ser limitante para sua ingestão e consequente atendimento das exigências de
632 minerais, o suplemento aglomerado se coloca como alternativa, inclusive por ter apresentado
633 resultados de força para penetração semelhantes àqueles encontrados para o suplemento em pó
634 em cocho descoberto. Por outro lado, deve-se ainda investigar se a forma de grânulos do
635 suplemento aglomerado não seja responsável pela menor concentração de Na nas sobras, como
636 reflexo de um maior contato da água da chuva com a massa total do suplemento, levando a
637 maior solubilização do elemento e da massa de suplemento.

638

639 **8 CONCLUSÃO**

640 A exposição ao ambiente altera as características químicas e físicas da massa de
641 suplemento e diferenças de até 15% no desaparecimento de suplementos minerais fornecidos a
642 bovinos em pastejo podem ocorrer devido a características físicas da mistura e à redução do seu
643 teor de sódio, com possíveis consequências sobre a ingestão, o teor de minerais nas fezes e no
644 sangue. Suplementos aglomerados possuem menor susceptibilidade de compactação. A forma
645 física do suplemento mineral ou estratégia de seu fornecimento a bovinos de corte em pastagem
646 não afeta o desempenho animal.

647

648 **Agradecimentos**

649 À Embrapa Gado de Corte pela disponibilidade da infraestrutura para realização dos
650 experimentos e análises laboratoriais. A Connan Nutrição Animal pelo fornecimento e análises
651 das misturas minerais, a Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), ao Conselho
652 Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Coordenação de
653 Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES).

654 **9 REFERÊNCIAS**

- 655 BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA). Secretaria de Apoio
656 Rural e Cooperativismo. Instrução Normativa N° 12, de 30 de Novembro de 2004.
657 Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento 30 Nov. 2004. Disponível em:
658 [https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-](https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-pecuarios/alimentacao-animal/arquivos-alimentacao-animal/legislacao/instrucao-normativa-no-12-de-30-de-novembro-de-2004.pdf)
659 [pecuarios/alimentacao-animal/arquivos-alimentacao-animal/legislacao/instrucao-](https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-pecuarios/alimentacao-animal/arquivos-alimentacao-animal/legislacao/instrucao-normativa-no-12-de-30-de-novembro-de-2004.pdf)
660 [normativa-no-12-de-30-de-novembro-de-2004.pdf](https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-pecuarios/alimentacao-animal/arquivos-alimentacao-animal/legislacao/instrucao-normativa-no-12-de-30-de-novembro-de-2004.pdf). Acesso em: 07 de dez. 2020.
- 661 Geisert, B. G., Erickson, G. E., Klopfenstein, T. J., Macken, C. N., Luebbe, M. K., MacDonald,
662 J. C., 2010. Phosphorus requirement and excretion of finishing beef cattle fed different
663 concentrations of phosphorus. *J. Anim. Sci.* 88, 2393-2402.
664 <https://doi.org/10.2527/jas.2008-1435>.
- 665 Haydock, K. P., Shaw, N. H., 1975. The comparative yield method for estimating dry matter
666 yield of pasture. *Aust. J. Exp. Agric.* 15, 663-670. <https://doi.org/10.1071/EA9750663c>.
- 667 Marten, G. C., Shenk, J. S., Barton II, F. E. (Eds.), 1989. Near Infrared Reflectance
668 Spectroscopy (NIRS): Analysis of Forage Quality. U.S. Department of Agriculture,
669 Agriculture Handbook No. 643 (revised with supplements).
- 670 McDonald, P., Edwards, R. A., Greenhalgh, J. F. D., Morgan, C. A., Sinclair, L. A., Wilkinson,
671 R. G., 2011. *Animal nutrition*. Seventh Edition.
- 672 McDowell, L. R., 1996. Feeding minerals to cattle on pasture. *Anim. Feed Sci. and Technol.*
673 60, 3-4. 247-271. [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(96\)00983-2](https://doi.org/10.1016/0377-8401(96)00983-2).
- 674 McDowell, L. R., Conrad, J. H., 1977. Trace mineral nutrition in Latin American. *World*
675 *Animal Review*. Rome, 24.
- 676 Minson, D. C., 1990. *Forage in ruminant nutrition*, first ed. Academic Press, Queensland.
- 677 Moriel, P., Artioli, L. F. A, Piccolo, M. B., Miranda, M., Ranches, J., Ferreira, V. S. M.,
678 Antunes, L. Q., Bega, A. M. Miranda, V. F. B., Vieira, J. R. L., Vasconcelos, J. L. M.,

- 679 2019. Effects of low-moisture, sugarcane molasses-based block supplementation on
680 growth, physiological parameters, and liver trace mineral status of growing beef heifers
681 fed low-quality, warm-season forage. *Transl. Anim. Sci.* 3, 1. 523-531.
682 <https://doi.org/10.1093/tas/txy123>.
- 683 NRC (National Research Council), 1996. *Nutrient Requirements of Beef Cattle*, seventh. ed.
684 The National Academies Press, Washington, D.C.
- 685 NRC (National Research Council), 2001. *Nutrient Requirements of dairy cattle*. The National
686 Academies Press, Washington, D.C.
- 687 NRC (National Research Council), 2016. *Nutrient Requirements of Beef Cattle*, revised eighth
688 edition. The National Academies Press, Washington, D.C.
- 689 Peixoto, P. V., Malafaia, P., Barbosa, J. D., Tokarnia, C. H., 2005. Princípios de suplementação
690 mineral em ruminantes. *Pesq. Vet. Bras.* 25, 3. 195-200. [https://doi.org/10.1590/S0100-](https://doi.org/10.1590/S0100-736X2005000300011)
691 [736X2005000300011](https://doi.org/10.1590/S0100-736X2005000300011).
- 692 Stokes, R. S., Volk, M. J., Ireland, F. A., Gunn, P. J., Shike, D. W., 2018. Effect of repeated
693 trace mineral injections on beef heifer development and reproductive performance. *J.*
694 *anim. Sci.* 96, 9, 3943-3954. <https://doi.org/10.1093/jas/sky253>.
- 695 Suttle, N. F., 2010. *Mineral nutrition of livestock*, fourth ed. Cabi, London.
- 696 Tokarnia, C. H., Döbereiner, J., Peixoto, P. V., 2000. Deficiências minerais em animais de
697 fazenda, principalmente bovinos em regime de campo. *Pesq. Vet. Bras.* 20, 3. 127-138.
698 <https://doi.org/10.1590/S0100-736X2000000300007>.
- 699 Weiss, W. P. A., 2017. 100-Year Review: From ascorbic acid to zinc—Mineral and vitamin
700 nutrition of dairy cows. *J. Dairy sci.* 100, 12. 10045-10060.
701 <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12935>.