

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL

UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE AQUIDAUANA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

EFEITO DA APLICAÇÃO DE MICROMINERAIS E
VITAMINAS INJETÁVEIS DURANTE A GESTAÇÃO DE
VACAS NELORE E BRANGUS SOBRE O DESEMPENHO
DA PROGENIE

Acadêmica: Kelly Cristina da Costa Lopes

Aquidauana-MS
Junho/2026

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE AQUIDAUANA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

EFEITO DA APLICAÇÃO DE MICROMINERAIS E
VITAMINAS INJETÁVEIS DURANTE A GESTAÇÃO DE
VACAS NELORE E BRANGUS SOBRE O DESEMPENHO
DA PROGENIE

Acadêmica: Kelly Cristina da Costa Lopes
Orientador: Prof. Dr. Marcelo Vedovatto

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção Animal no Cerrado-Pantanal, da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

Aquidauana-MS
Junho/2026

L853e Lopes, Kelly Cristina da Costa

Efeito da aplicação de microminerais e vitaminas injetáveis durante a gestação de vacas nelore e brangus sobre o desempenho da progênie/ Kelly Cristina da Costa Lopes – Aquidauana, MS: UEMS, 2026.

56 p.

Dissertação (Mestrado) – Pós-Graduação em Zootecnia – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, 2026.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Vedovatto.

1. Vacas de corte. 2. Programação fetal. 3. Suplementação. I. Título. II. Vedovatto, Marcelo.

CDD 23. ed. - 636.2

Ficha Catalográfica elaborada pela bibliotecária da Universidade Estadual de Mato Grosso do

Sul (UEMS)

Susy dos Santos Pereira CRB1°1783

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO
SUL PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E
INOVAÇÃO**

**UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE AQUIDAUANA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM PRODUÇÃO ANIMAL**

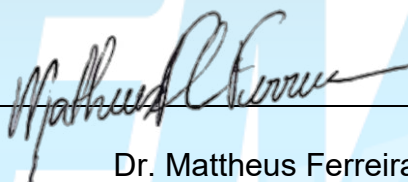
KELLY CRISTINA DA COSTA LOPES

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção Animal, como requisito para obtenção do grau de Mestra em Zootecnia.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 02/06/2026.

Documento assinado digitalmente
gov.br MARCELO VEDOVATTO
Data: 02/06/2026 17:46:29-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. Marcelo Vedovatto (Orientador)



Dr. Matheus Ferreira, LSU
(participação via videoconferência)

Documento assinado digitalmente
gov.br ANDREA ROBERTO DUARTE LOPES SOUZA
Data: 03/06/2026 11:27:36-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dra. Andréa Roberto Duarte Lopes Souza, UEMS
(participação via videoconferência)

Dedicatória

Dedico este trabalho, primeiramente a Deus, por me conceder força, sabedoria e saúde ao longo desta jornada.

À minha mãe Tereza Cristina Costa, por todo o amor, apoio incondicional e incentivo em cada etapa da minha vida. Sem você, nada disso seria possível.

Aos meus filhos, por estarem ao meu lado. Cada conquista minha é também de vocês.

Aos meus colegas zootecnistas, com quem compartilhei aprendizados, desafios, risadas e companheirismo ao longo dessa caminhada. A jornada foi mais leve e significativa graças a vocês.

Aos meus orientadores, Marcelo Vedovatto e Dalton Mendes de Oliveira, por compartilharem conhecimento e contribuírem significativamente para minha formação.

Especialmente, a todos que torceram por mim e acreditaram no meu potencial, mesmo nos momentos mais difíceis. Este trabalho é fruto de muito esforço, dedicação e perseverança.

AGRADECIMENTOS

A conclusão deste trabalho representa não apenas o encerramento de uma etapa acadêmica relevante, mas também a concretização de um objetivo construído com esforço e dedicação, cuja realização só foi possível graças ao apoio de pessoas que, de forma significativa, contribuíram ao longo desta trajetória.

Agradeço primeiramente a Deus e a Nossa Senhora Aparecida, por me fortalecer em cada obstáculo ao longo dessa jornada.

À minha mãe, Tereza Cristina da Costa, pelo apoio, pelo incentivo e por acreditar em meu potencial ao longo dessa trajetória.

Aos meus filhos: Rafaela Venturelli, por sua ajuda essencial na execução prática do experimento; Wallace da Costa, por estar ao meu lado em todos os momentos.

Ao meu genro Ronaldo Dias, por compartilhar seu conhecimento com generosidade e contribuir de forma significativa para o meu crescimento profissional.

Às minhas companheiras de profissão e de mestrado, minhas amigas Daniela Batilani e Millena Vitória, que compartilharam comigo não apenas os desafios da vida acadêmica, mas também os sonhos, aprendizados e conquistas ao longo dessa jornada. Gratidão por caminharem ao meu lado.

Aos meus amigos: Thomas Henrique Roque, Henrique Freire, Luiza Zazycki, Isabela Gonçalves, Carolina Dalegrave, Ana Paula Aquino e Rui Mendes, pelo apoio e pela companhia, que tornaram essa trajetória mais leve.

Aos professores: Dalton Mendes de Oliveira, que acreditou no meu potencial e me presenteou com este trabalho, que resultou em ótimos frutos, e Marcelo Vedovatto, que

consolidou seu papel como meu orientador,
oferecendo suporte fundamental durante
toda a realização deste projeto.

Ao Grupo de estudo GEQUAC, meu sincero
agradecimento a todos que colaboraram e
contribuíram para a execução deste trabalho.

A todos os professores da UEMS, que
contribuíram de maneira fundamental para
minha formação ao longo da jornada do
mestrado, meu sincero agradecimento.

A CAPES pela concessão da bolsa de
mestrado.

A todos que contribuíram com palavras de
incentivo e com compreensão nos momentos
difíceis, meu profundo agradecimento. Cada
gesto fez diferença nesta conquista.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS	11
1. INTRODUÇÃO.....	11
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	12
2.1 Microminerais e vitaminas na nutrição de bovinos de corte: Função do Cu, Mn, Zn, Se, vitamina A e vitamina E na reprodução, crescimento e imunidade	12
2.2 MÉTODOS DE SUPLEMENTAÇÃO MINERAL	14
2.3 Efeitos da suplementação materna com MMI e vitaminas no desempenho e imunologia da progênie.....	17
3. OBJETIVOS	20
3.1 Objetivo geral.....	20
3.2 Objetivos específicos.....	20
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	21
CAPÍTULO 2 – EFEITO DA APLICAÇÃO DE MICROMINERAIS E VITAMINAS INJETÁVEIS EM VACAS DE CORTE GESTANTES SOBRE O DESEMPENHO DA PROGÊNIE	25
2.4 Análises laboratoriais	33
2.5 Análises estatísticas.....	34
CAPÍTULO 3 – ARTIGO TÉCNICO: MICROMINERAIS INJETÁVEIS NA GESTAÇÃO: PROGRAMANDO DESEMPENHO EM BEZERROS NELORE	53
Da gestação ao nascimento: a nutrição materna vai além da vaca.....	53
1 - Do diagnóstico de gestação à desmama: como o estudo foi conduzido.....	54
O que aconteceu com as vacas?.....	54
CAPÍTULO 4 - Considerações Finais	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição química da forragem utilizada no experimento.....	45
Tabela 2 – Escore de condição corporal (ECC), peso corporal (PC) e taxas de prenhez de vacas que receberam injeções de solução salina (Saline; 0,9% NaCl), solução de cobre e zinco (CuZn) ou soluções de minerais e vitaminas (MMV) nos dias -215, -125 e -45 relacionados ao parto (d 0)	46
Tabela 3 – Desempenho de bezerros amamentados e programados fetalmente, nascidos de vacas que receberam injeções de solução salina (Saline; 0,9% NaCl), solução de cobre e zinco (CuZn) ou soluções de minerais e vitaminas (MMV) nos dias -215, -125 e -45 em relação ao parto (d 0)	49
Tabela 4 – Resistência à eimeriose em bezerros Nelore com programação fetal nascidos de vacas que receberam injeções de solução salina (Saline; 0,9% NaCl), solução de cobre e zinco (CuZn) ou soluções de minerais e vitaminas (MMV) nos dias -215, -125 e -45 em relação ao parto (d 0)	50
Tabela 5. Concentração de microminerais no plasma de vacas que receberam injeções de solução salina (Saline; 0,9% NaCl), solução de cobre e zinco (CuZn) ou soluções de minerais e vitaminas (MMV) nos dias -215, -125 e -45 em relação ao parto (d 0) e aos seus respectivos bezerros.....	51

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 2

Figura 1 - Efeitos do tratamento × raça × dia das vacas no peso corporal de vacas Brangus (Painel A) e Nelore (Painel B) que receberam injeções de solução salina (Salina; 0,9% NaCl), solução de cobre e zinco (CuZn) ou soluções de minerais e vitaminas (MMI+V) nos dias -215, -125 e -45 relacionados ao parto (d 0) 48

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos da suplementação injetável de microminerais e vitaminas (MMI+V) durante a gestação de vacas Nelore e Brangus sobre o desempenho produtivo da progênie. Foram utilizadas vacas que receberam três tipos de tratamentos: Salina (solução salina), CuZn (solução contendo Cu e Zn) e MMI+V (solução contendo Cu, Zn, Mn, Se e vitaminas A e E), aplicados em três momentos da gestação (dias -215, -125 e -45 em relação ao parto). As principais variáveis avaliadas incluíram escore de condição corporal (ECC), peso corporal (PC), taxa de prenhez das matrizes, peso ao nascimento, peso ao desmame, ganho médio diário (GMD) e resistência à eimeriose dos bezerros. Os resultados demonstraram que as vacas Brangus do tratamento CuZn apresentaram maior ECC e maior ganho de peso em comparação com o tratamento Salina. Para os bezerros, os nascidos de mães tratadas com CuZn apresentaram peso ao desmame ajustado aos 205 dias significativamente superior em comparação ao tratamento Salina, além de maior GMD entre os dias 120 e 240. A suplementação com MMI+V, embora tenha mostrado melhora leve no GMD, não afetou as demais variáveis. Conclui-se que a suplementação com Cu e Zn durante a gestação melhora o desempenho materno e favorece o crescimento dos bezerros, sendo uma estratégia promissora para sistemas extensivos de produção bovina, principalmente onde há limitações com a suplementação mineral.

Palavras-chave: vacas de corte, programação fetal, suplementação.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the effects of injectable trace mineral and vitamin (MMI+V) supplementation during gestation in Nelore and Brangus cows on the productive performance of their offspring. Cows received three types of treatments: Saline (saline solution), CuZn (solution containing Cu and Zn), and MMI+V (solution containing Cu, Zn, Mn, Se, and vitamins A and E), applied at three time points during gestation (days -215, -125, and -45 relative to calving). The main variables evaluated included body condition score (BCS), body weight (BW), pregnancy rate of the dams, birth weight, weaning weight, average daily gain (ADG), and resistance to eimeriosis in the calves. The results showed that Brangus cows in the CuZn treatment group had greater BCS and weight gain compared to the Saline treatment group. For calves, those born to dams treated with CuZn showed significantly greater adjusted weaning weights at 205 days compared to the saline treatment, as well as greater average daily gain (ADG) between days 120 and 240. Supplementation with MMI+V, although showing a slight improvement in ADG, did not affect the other variables. It is concluded that supplementation with Cu and Zn during gestation improves maternal performance and promotes calf growth, representing a promising strategy for extensive cattle production systems, especially where mineral supplementation is limited.

Keywords: Beef cows, fetal programming, supplementation.

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

1. INTRODUÇÃO

A nutrição durante a gestação é capaz de modular o desenvolvimento fetal e afetar o desempenho e a saúde da futura progênie, por meio de alterações no desenvolvimento de órgãos e tecidos (McLean et al., 2022; Wu et al., 2004, 2006). A literatura tem demonstrado que a suplementação materna com proteína, energia, ácidos graxos poli-insaturados, microminerais, aminoácidos específicos e vitaminas pode aumentar o crescimento, funções imunes e reprodutivas da progênie (Moriel et al., 2021).

A suplementação com microminerais durante a gestação tem sido recentemente explorada como uma estratégia capaz de modificar o crescimento fetal, com possíveis efeitos benéficos na saúde e desempenho da progênie a longo prazo (McLean et al., 2022). No entanto, os estudos que avaliam a resposta à suplementação materna com microminerais, principalmente minerais injetáveis, no par vaca/bezerro são escassos. Embora os microminerais, como cobre (Cu), manganês (Mn), selênio (Se) e zinco (Zn), sejam importantes durante os últimos dois meses de gestação, pois 75% do crescimento fetal ocorre durante esse período (Du et al., 2015), eles também são importantes durante o desenvolvimento fetal inicial, quando a diferenciação, organogênese, vascularização e crescimento placentário ocorrem (McLean et al., 2022).

Em um levantamento sobre a deficiência de minerais em animais de fazenda, sob regime de pastejo, nas Regiões Centro-Oeste e Norte do Brasil, Tokarnia et al. (2000) identificaram o fósforo (P) sendo o principal mineral em deficiência, seguido por Cu e Cobalto (Co). Deficiências de sódio (Na), Se, Zn e Mn também foram frequentemente observadas nessas regiões, o que reforça a importância da suplementação mineral para bovinos em regime de pastejo.

Desta forma, o desenvolvimento e o fornecimento de suplementos minerais são práticas comuns entre pecuaristas, e há diversas formas de oferecê-los. O mais usual é o fornecimento da mistura mineral em pó no cocho com livre acesso dos animais. No entanto, os métodos tradicionais de suplementação oral podem levar a antagonismo entre minerais, como Cu, molibdênio (Mo), enxofre (S), ferro (Fe) e Zn, afetando sua absorção e

aproveitamento. Além disso, há consumo variado de minerais, haja vista as flutuações na ingestão voluntária diária dos animais. O uso de minerais injetáveis pode ser vantajoso em comparação ao método tradicional de suplementação oral, por reduzir a variabilidade na ingestão individual e minimizar interações antagônicas no trato gastrointestinal, garantindo a todos os animais do mesmo lote um aporte conhecido de microminerais. Contudo, é importante ressaltar que esses métodos são complementares e não substitutivos, devendo ser utilizados de forma estratégica no manejo nutricional (Genther-Schroeder; Hansen, 2020).

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Microminerais e vitaminas na nutrição de bovinos de corte: Função do Cu, Mn, Zn, Se, vitamina A e vitamina E na reprodução, crescimento e imunidade

Os minerais são essenciais para a produção de hormônios, atividade enzimática, síntese de tecidos, produção de energia e formação de colágeno. Deficiências clínicas e subclínicas de minerais podem reduzir o desempenho animal devido à sua exigência para as atividades fisiológicas (Paterson e Engle, 2005). Deficiências subclínicas podem causar diminuição da resposta imune, crescimento e desempenho reprodutivo e são mais comuns do que as deficiências clínicas (Wikse et al., 1992). Deficiências clínicas podem ser observadas em animais depletados de minerais específicos, que, assim, apresentam sinais patológicos ou visuais característicos (Puls, 1994).

No corpo, o Cu desempenha importante papel na formação de hemoglobina, ossos, melanina e queratina. O Cu é também um componente essencial de algumas enzimas envolvidas na respiração celular, na formação do sistema nervoso central, reprodução, imunidade etc. Devido a estes papéis do Cu, deficiências deste foram correlacionadas com diminuição no crescimento, reprodução e imunidade (NRC, 2000). O status corporal de Cu altera a função dos neutrófilos, monócitos, células T e produção de anticorpos (Smith et al., 2008).

O Mn é um mineral essencial na formação de uma série de enzimas envolvidas no sistema nervoso, no sistema imune e na proteção antioxidante, sendo parte fundamental da superóxido dismutase, e está envolvido no metabolismo dos carboidratos e lipídeos (Andrieu, 2008). O Mn também

desempenha importante função reprodutiva, por estar envolvido na síntese de hormônios esteroidais (Di Costanzo et al., 1986).

O Se é exigido para a função de muitas enzimas e proteínas, especificamente a glutathione peroxidase, deiodinases, redutases e tioredoxina (Allan et al., 1999). Estas enzimas desempenham um papel importante na manutenção da integridade das células. Isto se deve ao seu envolvimento no catabolismo de peróxidos que são sintetizados durante a oxidação de lipídeos (Burk, 1991). O Se está envolvido na regulação redox e apresenta efeito antioxidante, contribuindo para a integridade das membranas e protegendo o DNA contra danos (Wintergerst et al., 2007).

Devido à exigência de Se para que as enzimas supracitadas exerçam suas funções, acredita-se que este mineral desempenhe um papel importante na imunidade e na reprodução animal. Deficiência clínica em Se também pode levar a muitos distúrbios reprodutivos, como retenção de placenta, infertilidade, ovários policísticos, metrite, baixa taxa de concepção, etc (Corah e Ives, 1991). Deficiências de Se também podem refletir em menor ganho de peso e baixa resposta imune do animal (Koller et al., 1983).

O Zn é essencial para o sistema imunológico, pois é necessário para a atividade da superóxido dismutase, que contribui para a estabilidade da membrana celular contra danos oxidativos causados por radicais superóxidos. O zinco também é necessário para a produção de anticorpos (Brache, 2015). O Zn influencia o crescimento dos animais por estar envolvido na síntese de proteínas e no metabolismo dos carboidratos.

Estudos recentes têm demonstrado que a suplementação materna com minerais traço durante a gestação e o período periparto pode influenciar o status mineral e a competência imunológica da progênie. Cracco et al. (2023), ao revisarem os efeitos da nutrição materna sobre o desempenho ao longo da vida da progênie bovina, destacaram que a oferta adequada de minerais durante a gestação pode favorecer o desenvolvimento fetal, a programação metabólica e o desempenho pós-natal dos bezerros. Complementarmente, Craner et al. (2025) observaram que a suplementação de minerais orgânicos no período periparto aumentou as reservas corporais de cobre e zinco e potencializou a resposta imune dos animais, evidenciada por maiores concentrações de

anticorpos após a vacinação. Em conjunto, esses resultados reforçam a importância da nutrição mineral materna como ferramenta para otimizar o desenvolvimento e a saúde da progênie.

As vitaminas são componentes essenciais para o metabolismo e a saúde dos bovinos de corte, desempenhando papéis fundamentais na manutenção da integridade epitelial, regulação do sistema imunológico, crescimento e reprodução. Elas se dividem em dois grupos: hidrossolúveis (como as vitaminas do complexo B e a vitamina C) e lipossolúveis (A, D, E e K). As vitaminas hidrossolúveis são normalmente sintetizadas pelas bactérias ruminais, conseqüentemente não há a necessidade de suplementação destas (NRC, 2000). As lipossolúveis frequentemente necessitam de aporte externo, especialmente em fases críticas como a gestação, lactação, desmame e terminação (Nguyen et al., 2021).

A vitamina A (ou retinol) é importante para estimular as funções fisiológicas primárias e manter a visão saudável. O ácido retinoico, um metabólito da vitamina A, desempenha um papel importante tanto no comprometimento pré-adipocitário quanto na diferenciação adipocitária (Nguyen et al., 2021).

Os resultados descritos por Klein et al. (2024) evidenciam que a suplementação materna com vitaminas A e E associadas a microminerais pode contribuir para o aumento das reservas hepáticas de Cu e Zn e para a melhoria da capacidade antioxidante dos bezerros ao nascimento. Tais efeitos reforçam a hipótese de que a nutrição materna durante a gestação desempenha papel fundamental na programação fetal, influenciando o desenvolvimento do sistema imune e o desempenho produtivo da progênie nos estágios iniciais de vida.

2.2 MÉTODOS DE SUPLEMENTAÇÃO MINERAL

Bovinos confinados que recebem dietas completas (total mixed ration) apresentam menor risco de deficiência de microminerais, uma vez que a formulação da dieta permite maior controle sobre a ingestão e o suprimento desses nutrientes (Spears, 2000). Contudo, mesmo em sistemas intensivos, a presença de elementos antagonistas, como enxofre, molibdênio e ferro, pode reduzir a absorção e a biodisponibilidade de minerais essenciais, especialmente cobre e zinco, comprometendo o status mineral dos animais (McDowell, 1996; Suttle, 2010). Em contrapartida, no Brasil, categorias como vacas de cria,

bezerros e animais em recria são predominantemente mantidas em sistemas de pastejo, nos quais a suplementação mineral é geralmente fornecida por meio de misturas disponibilizadas em cochos (Tokarnia et al., 2000). Nesses sistemas, a eficiência da suplementação pode ser limitada pela elevada variabilidade no consumo individual dos suplementos, uma vez que fatores como hierarquia social, disponibilidade de forragem, localização dos cochos e condições climáticas influenciam diretamente a ingestão mineral pelos animais (Peixoto et al., 2005; McDowell, 1996). Além disso, a exposição prolongada dos suplementos às intempéries pode promover alterações físico-químicas que reduzem sua palatabilidade e qualidade, comprometendo ainda mais a uniformidade do consumo e a eficácia da suplementação mineral (Tokarnia et al., 2000). Como consequência, parte dos animais pode não atingir a ingestão adequada de minerais, mesmo quando o suplemento é disponibilizado regularmente no sistema produtivo.

A forma mais comum de suplementação mineral para bovinos de corte em pastejo é através do fornecimento de uma mistura mineral em pó *ad libitum*. No entanto, os bovinos não regulam seu consumo para atender às exigências específicas de cada mineral, sendo este consumo determinado principalmente pela palatabilidade da mistura e pela quantidade de cloreto de sódio utilizada (Mundell et al., 2012). Portanto, o consumo pode variar entre os animais de um determinado lote, e a utilização de uma mistura mineral pode levar a deficiências ou toxicidades (principalmente de microminerais) no próprio rebanho (McDowell, 1996).

Além da variabilidade no consumo, outro fator que limita a eficiência da suplementação mineral oral está relacionado às interações entre os minerais no trato digestivo. Ocorrem muitas interações entre os minerais que podem afetar a absorção e a disponibilidade de um micromineral. Assim, a composição da mistura mineral ou da dieta pode influenciar a forma como determinados microminerais são utilizados. Adicionalmente, a presença de microminerais antagonistas nos pastos pode comprometer a absorção de microminerais essenciais suplementados (Spears, 1996).

Diante das limitações associadas ao consumo voluntário de suplementos minerais, diferentes estratégias têm sido desenvolvidas para garantir o

adequado suprimento de microminerais aos bovinos. Uma dessas alternativas consiste na utilização de bolus intraruminais de liberação controlada, especialmente em situações em que a disponibilidade de minerais na forragem é insuficiente ou quando a presença de antagonistas compromete sua absorção. Esses dispositivos permanecem no rúmen ou retículo, liberando minerais gradualmente por até 175 dias e garantindo que cada animal receba uma quantidade conhecida de nutrientes (Sprinkle et al., 2006). A liberação constante de microminerais atenua os efeitos do antagonismo presente nas pastagens, pois garante ao animal um fornecimento contínuo e mais previsível desses nutrientes, independentemente das variações na ingestão diária ou na composição mineral da forragem. Dessa forma, mesmo que haja elementos antagonistas no pasto que reduzam a absorção, o aporte contínuo aumenta a probabilidade de que uma fração dos microminerais seja efetivamente absorvida ao longo do tempo. No entanto, esse mecanismo não elimina completamente o problema, pois as interações antagônicas no trato digestivo continuam ocorrendo. Além disso, em animais com status mineral adequado, a suplementação adicional por meio de liberação constante tende a ter efeito limitado na elevação das concentrações sanguíneas ou hepáticas (Hansen et al., 2023).

Outra forma de suplementação é a administração de microminerais por via injetável. Essa estratégia se destaca pela rápida disponibilidade sistêmica dos minerais, com elevação das concentrações plasmáticas em curto período após a aplicação (cerca de 24 horas), seguida de redução gradual ao longo dos dias, à medida que esses elementos são distribuídos e armazenados nos tecidos corporais, principalmente no fígado (Bohman et al., 1984; Puls, 1994). Nesse contexto, para fins experimentais, a avaliação das concentrações hepáticas é mais indicada do que a das plasmáticas, por refletir de forma mais estável o status mineral do animal ao longo do tempo (Brache, 2015). Do ponto de vista produtivo, a suplementação com microminerais injetáveis também tem sido associada a melhorias no desempenho reprodutivo, incluindo aumentos nos índices de prenhez e na qualidade reprodutiva de vacas e novilhas (Mundell et al., 2022).

2.3 Efeitos da suplementação materna com MMI e vitaminas no desempenho e imunologia da progênie

A literatura tem demonstrado que a nutrição materna desempenha um papel crítico no desenvolvimento fetal, atuando como um agente modulador no crescimento e do desenvolvimento do feto, os quais afetam permanentemente a produção e a saúde da progênie (Du et al., 2015; McLean et al., 2022; Wu et al., 2004, 2006). Tal processo é conhecido como programação fetal, a qual foi descrita por Nathanielsz et al. (2007) como a resposta a desafios específicos, para o organismo mamífero, durante uma janela de tempo crítica no desenvolvimento fetal, que altera a trajetória do desenvolvimento de forma qualitativa, quantitativa, ou ambas, com efeitos permanentes na vida do animal. Embora o conceito de programação fetal tenha sido inicialmente desenvolvido a partir de estudos na medicina humana, seus efeitos têm sido amplamente demonstrados em bovinos de corte. Evidências indicam que restrições nutricionais maternas, especialmente de energia e proteína durante a gestação, podem comprometer o desenvolvimento fetal e provocar alterações permanentes na fisiologia e no metabolismo da progênie (Wu et al., 2004). Em bovinos, esses efeitos estão associados à redução do potencial de crescimento, menor eficiência produtiva e alterações nas características de carcaça (Greenwood e Café, 2007). Além disso, a restrição nutricional durante períodos críticos da gestação pode afetar o desenvolvimento muscular fetal, resultando em menor número de fibras musculares, redução da massa muscular e menor deposição de gordura intramuscular, características diretamente relacionadas ao desempenho e à qualidade da carcaça dos animais (Du et al., 2015).

Esses resultados evidenciam que o ambiente nutricional materno durante a gestação exerce papel fundamental na programação do desenvolvimento fetal, reforçando a importância de estratégias nutricionais capazes de otimizar não apenas o suprimento energético e proteico, mas também a disponibilidade de minerais e vitaminas essenciais à vaca gestante e à sua progênie.

Diniz et al. (2021) demonstraram que a suplementação materna com vitaminas e minerais no início da gestação promove alterações na expressão de genes placentários relacionados ao metabolismo energético, ao transporte de nutrientes e ao desenvolvimento fetal. O aumento da expressão de genes envolvidos na captação e utilização de glicose, aminoácidos e lipídios sugere

maior capacidade da placenta em sustentar o crescimento fetal. Além disso, modificações observadas no desenvolvimento hepático indicam que estímulos nutricionais precoces podem desencadear adaptações metabólicas persistentes na progênie. Esses resultados corroboram o conceito de programação fetal e fornecem evidências de que estratégias nutricionais aplicadas durante a gestação, incluindo a suplementação de microminerais e vitaminas, podem influenciar o desenvolvimento e o potencial produtivo dos descendentes.

Menezes et al. (2021), avaliando novilhas suplementadas com vitaminas e minerais durante o primeiro terço gestacional, observaram alterações nas concentrações de aminoácidos presentes no soro materno e no fluido alantoideano fetal. Os autores verificaram aumento de aminoácidos relacionados ao metabolismo proteico, síntese tecidual e desenvolvimento fetal, sugerindo que a suplementação materna melhora a disponibilidade de nutrientes essenciais ao conceito. Esses resultados reforçam a hipótese de que alterações nutricionais durante fases iniciais da gestação podem influenciar permanentemente o metabolismo e o desenvolvimento da progênie por mecanismos de programação fetal.

De forma complementar, Klein et al. (2021) destacaram que a suplementação materna associando vitaminas e microminerais durante a gestação pode favorecer parâmetros produtivos e fisiológicos da progênie, incluindo melhora no crescimento, desenvolvimento tecidual e maior eficiência metabólica pós-natal. Os autores ressaltam que vitaminas lipossolúveis, especialmente vitaminas A e E, associadas a microminerais como Cu, Zn, Mn e Se, participam diretamente de mecanismos antioxidantes, diferenciação celular, angiogênese e modulação da resposta imune fetal, fatores fundamentais para o adequado desenvolvimento neonatal.

Com o intuito de avaliar os efeitos da suplementação materna com MMI+V na subsequente resposta inflamatória de bezerros desmamados na entrada do confinamento, Stokes et al. (2019b) realizaram um desafio com lipopolissacarídeo (LPS) em bezerros Angus desmamados. Os autores observaram que a suplementação materna com MMI+V tendia a aumentar a concentração plasmática de Zn ao desmame. Estes novilhos demonstraram tendência à maior concentração basal de proteína ligada ao LPS (LBP) e à maior

produção global de LBP durante a administração do desafio com LPS. Além de apresentarem uma mudança da temperatura corporal mais favorável após o desafio com LPS. Tais resultados indicam que a suplementação materna com MMI+V exerce efeito sobre a resposta imune subsequente de novilhos submetidos ao desafio imune induzido por LPS.

Assim, ainda são poucos os estudos sobre os efeitos da suplementação materna com MMI+V no desempenho subsequente e na resposta imunológica da progênie. Aliado a este fato, a literatura apresenta trabalhos apenas com animais da raça Angus e aparentemente, os animais não apresentavam deficiência de nenhum dos microminerais estudados, levando à observância de poucos resultados conclusivos sobre o efeito dos MMI+V nestas características.

Os sistemas de produção a pasto no Mato Grosso do Sul, caracterizados por pastagens frequentemente deficientes em alguns microminerais e pelo uso predominante de suplementação mineral em pó, apresentam maior potencial de deficiência e de variação no status de microminerais entre animais do mesmo lote. Nesse contexto, aumenta-se o desafio nutricional, mas também o potencial de resposta positiva à utilização desses produtos, especialmente quando comparado aos sistemas de produção de bovinos de corte norte-americanos, nos quais há maior nível de suplementação e, conseqüentemente, menor variabilidade no status mineral dos animais. Além disso, o metabolismo e a quantidade de microminerais transferidos pela placenta ao feto diferem entre vacas das raças *Bos taurus* e *Bos indicus* (Ranches et al., 2021). E vacas *Bos indicus* parecem ser mais eficientes do que vacas *Bos taurus* em armazenar estes.

Estudos com foco exclusivo na nutrição vitamínica de vacas de corte prenhes e em suas conseqüências para o desenvolvimento da prole são limitados. Evidências recentes demonstraram a possibilidade de modificar o desenvolvimento placentário e fetal por meio da suplementação materna com vitaminas + minerais (VTM) durante o início da gestação. A suplementação materna de VTM aumentou o tamanho do fígado fetal (mas não o tamanho do feto ou o útero gravídico) e alterou a expressão placentária de genes relacionados ao metabolismo energético, à síntese hormonal e ao transporte de

nutrientes (Diniz et al., 2021), bem como as concentrações de aminoácidos no soro materno e nos fluidos (Diniz et al., 2021; Menezes et al., 2021).

Wang et al. (2017) observaram que a vitamina A materna aumenta a angiogênese durante o desenvolvimento do tecido adiposo fetal em camundongos, o que aumenta a densidade de células progenitoras adipogênicas mediada pela sinalização do receptor de ácido retinóico. Além disso, Harris et al. (2018) observaram que bezerros tratados com 150.000 UI de vitamina A apresentaram maior teor de gordura intramuscular do que os não tratados. Essa observação ocorre porque a injeção de vitamina A em bezerros neonatos aumentou a expressão de ZFP423, o que resultou em maior população de progenitores adiposos. Assim, a administração de vitamina A durante o desenvolvimento inicial pode fornecer aos produtores de gado de corte uma maneira eficaz de melhorar a eficiência da produção de carne bovina e aumentar os níveis de marmoreio (Harris et al., 2018).

São necessários mais estudos que explorem as respostas produtivas da prole de vacas de corte, oferecidas ou não a uma mistura completa de vitaminas ou a vitaminas individuais, na dieta ou por via injetável, para atender ou exceder as necessidades de vitaminas durante a gestação.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Avaliar o efeito da suplementação materna com microminerais e vitaminas injetáveis (MMI+V) sobre o desempenho produtivo das matrizes, bem como sobre o crescimento e o desenvolvimento pós-natal da progênie.

3.2 Objetivos específicos

- Avaliar o efeito da suplementação materna com MMI+V sobre a alteração do escore de condição corporal e do peso corporal de vacas mantidas em pastagens no Pantanal.
- Avaliar o efeito da suplementação materna com MMI+V sobre o ganho de peso da progênie e resistência à eimeriose em pastagens no Pantanal.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLAN, C.B.; LACOURCIERE, G.M.; STADTMAN, T.C. Responsiveness of selenoproteins to dietary selenium. *Annual reviews nutrition*, v.19, p.1-16, 1999.

ANDRIEU, S. Is there a role for organic trace element supplements in transition cow health? *The veterinary journal*, v.176, p.77–83, 2008.

BOHMAN, V. R.; LESPERANCE, A. L.; CALL, J. W.; KESLER, D. J. Injectable copper and tissue composition of cattle. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v. 67, n. 7, p. 1468–1473, 1984.

BRASCHE, C.J. Effect of a Trace Mineral Injection on Beef Cattle Performance. 2015, 142 f. Tese - University of Nebraska, USA, 2015.

BURK, R.F. Molecular biology of selenium with implications for its metabolism. *THE FASEB JOURNAL*, v.5, p.2274-2279, 1991.

CORAH, L.R.; IVES, S. The Effects of Essential Trace Minerals on Reproduction in Beef Cattle. *The veterinary clinics of north america: food animal practice*, v.7, p.41-57, 1991.

CRANER, et al. Effects of peripartum organic mineral supplementation on mineral status and immune response in beef cattle. 2025.

CRACCO, R. C. et al. Evaluation of maternal nutrition effects in the lifelong performance of beef cattle offspring. *Animals*, Basel, v. 13, n. 14, p. 2287, 2023.

DI COSTANZO, A.; MEISKE, J.C.; PLEGGE, S.D. Influence of manganese, copper and zinc on reproductive performance of beef cows. *Nutrition reports international*, v.34, p.287-293, 1986.

DINIZ, W. J. S.; REYNOLDS, L. P.; BOROWICZ, P. P.; WARD, A. K.; SEDIVEC, K. K.; MCCARTHY, K. L.; KASSETAS, C. J.; BAUMGAERTNER, F.; KIRSCH, J. D.; DORSAM, S. T.; NEVILLE, T. L.; FORCHERITO, J. C.; SCOTT, R. R.; CANTON, J. S.; DAHLEN, C. R. Maternal vitamin and mineral supplementation and rate of maternal weight gain affects placental expression of energy metabolism and transport-related genes. *GENES*, v.12, p.1-14, 2021.

DINIZ, W. J. S. et al. Maternal vitamin and mineral supplementation and rate of maternal weight gain affects placental expression of energy metabolism and transport-related genes. *Genes*, Basel, v. 12, p. 1–14, 2021.

DU, M.; WANG, B.; FU, X.; YANG, Q.; ZHU, M. Fetal programming in meat production. *Meat science*, v.109, p.40-47, 2015.

GENTHER-SCHROEDER, O. N.; HANSEN, S. L. Injectable trace minerals to improve health and productivity of beef cattle: A review. *Journal of animal science*, v.98, n.3, 2020.

GREENWOOD, P.L.; CAFÉ, L.M. Prenatal and pre-weaning growth and nutrition of cattle: long-term consequences for beef production. *Animal*, v.1, n.9, p.1283-1296, 2007.

HARRIS, C.L.; WANG, B.; DEAVILA, J.M.; BUSBOOM, J.R.; MAQUIVAR, M.; PASRISH, S.M. et al. Vitamin A administration at birth promotes calf growth and intramuscular fat development in Angus beef cattle. *Journal of animal science and biotechnology*, v.9, p.1-9, 2018.

N, J. L. et al. Effects of maternal nutrition on pregnancy on progeny quality. *Research, Society and Development, Vargem Grande Paulista*, v. 10, n. 2, e47310212654, 2021.

KOLLER, L.D.; SOUTH, P.J.; EXON, J.H.; WHITBECK, G. Selenium deficiency of beef cattle in Idaho and Washington and a practical means of prevention. *The cornell veterinarian*, v.73, p.323-332, 1983.

KLEIN, J. L. et al. Effects of maternal nutrition on pregnancy on progeny quality. *Research, Society and Development, Vargem Grande Paulista*, v. 10, n. 2, e47310212654, 2021.

MCDOWELL, L.R. Feeding minerals to cattle on pasture. *ANIMAL FEED SCIENCE AND TECHNOLOGY*, v.60, p.247-271, 1996.

MCLEAN, K. J.; MULLINIKS, J. T.; WALKER, R. S. Maternal trace mineral supplementation during gestation and effects on offspring productivity. *Animals*, v.12, n.1, p.140, 2022.

MENEZES, A. C. B.; MCCARTHY, K. L.; KASSETAS, C. J.; BAUMGAERTNER, F.; KIRSCH, J. D.; DORSAM, S. Vitamin and mineral supplementation and rate of gain during the first trimester of gestation affect concentrations of amino acids in maternal serum and allantoic fluid of beef heifers. *Journal of animal science*, v.99, p.1–10, 2021.

MENEZES, A. C. B. et al. Vitamin and mineral supplementation and rate of gain during the first trimester of gestation affect concentrations of amino acids in maternal serum and allantoic fluid of beef heifers. *Journal of Animal Science, Champaign*, v. 99, p. 1–10, 2021.

MORIEL, P. et al. Improving beef progeny performance through developmental programming. *Frontiers in Animal Science, Lausanne*, v. 2, p. 728635, 2021.

MUNDELL, L.R.; JAEGER, J.R.; WAGGONER, J.W.; STEVENSON, J.S.; GRIEGER, D.M.; PACHECO, L.A.; BOLTE, J.W.; AUBEL, N.A.; ECKERLE, G.J.; MACEK, M.J.; ENSLEY, S.M.; HAVENGA, L.J.; OLSON, K.C. Effects of prepartum and postpartum bolus injections of trace minerals on performance of beef cows and calves grazing native range. *Professional animal scientist*, v.28, p.82-88, 2012.

NATHANIELSZ, P. W.; POSTON, L.; TAYLOR, P. D. In utero exposure to maternal obesity and diabetes: Animal models that identify and characterize implications for future health. *Clinics in perinatology*, v.34, p.515–526, 2007.

NRC. Nutrients Requirements of Beef Cattle. 7. ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 2000.

PATERSON, J.A.; ENGLE, T.E. Trace mineral nutrition in beef cattle. In: nutrition conference. University of Tennessee, Knoxville, 2005.

PEIXOTO, P. V.; MALDONADO JUNIOR, W.; BARBOSA, J. D.; TOKARNIA, C. H.; DÖBEREINER, J. Princípios de suplementação mineral em ruminantes. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, Seropédica, v. 25, n. 3, p. 195–200, 2005.

PULS, R. *Mineral levels in animal health: diagnostic data*. 2. ed. Clearbrook: Sherpa International, 1994. 356 p.

RANCHES, J.; ALVES, R.; VEDOVATTO, M.; PALMER, E.A.; MORIEL, P.; ARTHINGTON, J.D. Differences in Copper and selenium metabolism between Angus (*Bos taurus*) and Brahman (*Bos indicus*) cattle. *Journal of animal science*, v.99, 2021.

SHAO, T.; BRATTAIN; SHIKE, D.W. Effects of maternal supplementation with an injectable trace mineral containing copper, manganese, zinc, and selenium on subsequent steer finishing performance and carcass characteristics. *Animals*, v.10, p.1-9, 2020.

SMITH, A.D.; BOTERO, S.; LEVANDER, O.A. Copper deficiency increases the virulence of amyocarditic and myocarditic strains of coxsackievirus B3 in mice. *Journal of nutrition*, v.138, p.849–855, 2008.

SPEARS, J.W. Organic trace minerals in ruminant nutrition. *Animal feed science and technology*, v.58, p.151-163, 1996.

SPRINKLE, J.E.; CUNEO, S.P.; FREDERICK, H.M.; ENNS, R.M.; SCHAFER, G.E.; CARSTENS, D.W.; DAUGHERTY, S.B.; NOON, T.H.; RICKERT, B.M.; REGGIARDO, C. Effects of a long-acting, trace mineral, reticulorumen bolus on range cow productivity and trace mineral profiles. *Journal of animal science*, v.84, p.1439-1453, 2006.

STOKES, R.S.; IRELAND, F.A.; SHIKE, D.W. Influence of repeated trace mineral injections during gestation on beef heifer and subsequent calf performance. *Translational animal science*, v.3, p.493-503, 2019a.

STOKES, R.S.; VOLK, M.J.; IRELAND, F.; SHIKE, D.W. Effects of maternal supplementation with an injectable trace mineral on subsequent calf performance and inflammatory response. *Journal of animal science*, v.97, n.11, p.4475-4481, 2019b.

TOKARNIA, C. H.; DÖBEREINER, J.; PEIXOTO, P. V. Deficiências minerais em animais de fazenda, principalmente bovinos em regime de campo. *Pesquisa veterinária brasileira*, v.20, n.3, p.127-138, 2000.

VIEIRA-NETO, A.; LEAN, I.J.; SANTOS, J.E.P. Periparturient mineral metabolism: implications to health and productivity. *ANIMALS*, v.14, p.1232, 2024.

WANG, B.; FU, X.; LIANG, X.; WANG, Z.; YANG, Q.; ZOU, T. et al. Maternal retinoids increase PDGFR α + progenitor population and beige adipogenesis in progeny by stimulating vascular development. *Ebiomedicine*, v.18, p.288-299, 2017.

WIKSE, S.E.; HERD, D.; FIELD, R.; HOLLAND, P. Diagnosis of Copper Deficiency in Cattle. *Journal of the american veterinary medical association*, v.200, p.1625-1629, 1992.

WILLMORE, C.J.; HALL, J.B.; DREWNOSKI, M.E. Effects of a trace mineral injection on performance and trace mineral status of beef cows and calves. *Animals*, v.11, p.1- 11, 2021.

WINTERGERST, E.S.; MAGGINI, S.; HORNIG, D.H. Contribution of selected vitamins and trace elements to immune function. *ANNALS OF NUTRITION AND METABOLISM*, v.51, p.301–323, 2007.

WU, G.; BAZER, F.W.; CUDD, T.A.; MEININGER, C.J.; SPENCER, T.E. Maternal nutrition and fetal development. *The journal of nutrition*, v.134, p.2169-2172, 2004.

WU, G.; BAZER, F.W.; WALLACE, J.M.; SPENCER, T.E. Intrauterine growth retardation: Implications for the animal sciences. *Journal of animal science*, v.84, p.2316-2337, 2006.

**CAPÍTULO 2 – EFEITO DA APLICAÇÃO DE MICROMINERAIS E
VITAMINAS INJETÁVEIS EM VACAS DE CORTE GESTANTES SOBRE O
DESEMPENHO DA PROGENIE**

EFEITO DA APLICAÇÃO DE MICROMINERAIS E VITAMINAS INJETÁVEIS EM VACAS DE CORTE GESTANTES SOBRE O DESEMPENHO DA PROGÊNIE

Kelly Cristina da Costa Lopes ^a; Dalton Mendes de Oliveira^a; Marcelo
Vedovatto^a

^a Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Aquidauana-MS, Brasil;

RESUMO

O objetivo deste experimento foi avaliar os efeitos da suplementação injetável de microminerais e vitaminas durante a gestação sobre o desempenho do par vaca/bezerro em bovinos de corte das raças Nelore e Brangus. Foram utilizadas 509 vacas paridas, sendo 455 Nelore e 54 Brangus, com peso corporal médio de 393,5 kg e escore de condição corporal (ECC) inicial de 2,98, distribuídas aleatoriamente em três tratamentos: Salina (solução salina; 0,9% NaCl; 5 mL), CuZn (solução injetável contendo 15 mg/mL de Cobre e 50 mg/mL de Zinco; 5 mL) e MMI+V (solução contendo Cobre 10 mg/mL, Manganês 10 mg/mL, Selênio 5 mg/mL, Zinco 40 mg/mL, associada às vitaminas A 59.500 UI/mL e E 50 UI/100mL; 5 mL). As aplicações foram realizadas por via subcutânea em três momentos da gestação, correspondentes aos dias -215, -125 e -45 em relação ao parto (d 0), caracterizando os terços inicial, médio e final da gestação. Foram avaliados nas vacas o ganho de peso (GP), ECC, peso corporal (PC) e taxa de prenhez, enquanto nos bezerros foram avaliados o peso ao desmame ajustado para 205 dias, ganho médio diário (GMD) e resistência à eimeriose. Observou-se interação entre tratamento e raça para variáveis de desempenho. Vacas Brangus suplementadas com CuZn apresentaram maior ECC final ($3,36 \pm 0,10$) em comparação ao grupo Salina ($3,01 \pm 0,10$; $P = 0,03$), além de maior GP ($38,9 \pm 13,8$ vs. $-7,7 \pm 13,6$ kg; $P = 0,0268$). Em vacas Nelore, não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos para ECC, PC e GP ($P > 0,10$). A taxa de prenhez não foi influenciada pelos tratamentos ou pela raça ($P > 0,10$). Na progênie, bezerros oriundos de vacas do tratamento CuZn apresentaram maior peso ao desmame ajustado aos 205 dias ($189,1 \pm 3,1$ kg) em comparação ao tratamento Salina ($181,2 \pm 2,8$ kg; $P = 0,03$), bem como maior GMD entre 120

e 240 dias ($0,768 \pm 0,013$ vs. $0,722 \pm 0,012$ kg/dia; $P = 0,01$). Não houve efeito dos tratamentos ou da raça sobre a resistência à *Eimeria* spp. ($P > 0,10$). A suplementação parenteral de microminerais não alterou as concentrações plasmáticas de Cu nas matrizes (280, 222 e 261 mg/kg para Salina, CuZn e MMV; $P > 0,05$). Entretanto, bezerros do grupo MMI+V apresentaram maior concentração plasmática de Cu aos 240 dias (436 mg/kg) em comparação aos grupos Salina (252 mg/kg) e CuZn (231 mg/kg) ($P < 0,01$). Conclui-se que a suplementação materna com Cu e Zn por via injetável durante a gestação melhora o desempenho de vacas Brangus e favorece o crescimento da progênie Nelore e Brangus, enquanto a associação com vitaminas não promove benefícios adicionais nas condições avaliadas.

Palavras-chave: Vacas de corte, Programação fetal, Suplementação.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effects of injectable trace mineral and vitamin supplementation during gestation on the performance of cow–calf pairs from Nelore and Brangus beef cattle. A total of 509 multiparous cows were used, including 455 Nelore and 54 Brangus, with an average body weight of 393.5 kg and initial body condition score (BCS) of 2.98, and were randomly assigned to three treatments: Saline (0.9% NaCl; 5 mL), CuZn (injectable solution containing 15 mg/mL of copper and 50 mg/mL of zinc; 5 mL), and MMI+V (injectable solution containing Cu 10 mg/mL, Mn 10 mg/mL, Se 5 mg/mL, Zn 40 mg/mL, combined with vitamins A 59,500 IU/mL and E 50 UI/100mL; 5 mL). Treatments were administered subcutaneously at three time points during gestation, corresponding to days –215, –125, and –45 relative to calving (day 0), representing early, mid, and late gestation, respectively. Evaluated variables in cows included body weight (BW), body condition score (BCS), average daily gain (ADG), and pregnancy rate, whereas in calves, body weight at weaning adjusted to 205 days, ADG, and resistance to eimeriosis were assessed. A treatment $\times$ breed interaction was observed for performance variables. Brangus cows supplemented with CuZn had greater final BCS (3.36 ± 0.10) compared to Saline cows (3.01 ± 0.10 ; $P = 0.03$), as well as greater weight gain (38.9 ± 13.8 vs. -7.7 ± 13.6 kg; $P = 0.0268$). In Nelore cows, no significant differences were observed

among treatments for BW, BCS, or ADG ($P > 0.10$). Pregnancy rate was not affected by treatment or breed ($P > 0.10$). In the offspring, calves born to CuZn-treated cows had greater adjusted weaning weight at 205 days (189.1 ± 3.1 kg) compared to those from the Saline group (181.2 ± 2.8 kg; $P = 0.03$), as well as greater ADG between 120 and 240 days (0.768 ± 0.013 vs. 0.722 ± 0.012 kg/day; $P = 0.01$). No treatment or breed effects were observed for resistance to *Eimeria* spp. ($P > 0.10$). Parenteral micromineral supplementation did not alter plasma Cu concentrations in cows (280, 222, and 261 mg kg⁻¹ for Saline, CuZn, and MMV, respectively; $P > 0.05$). However, calves from the MMV group showed greater plasma Cu concentration at 240 days of age (436 mg/kg) compared with the Saline (252 mg/kg) and CuZn (231 mg/kg) groups ($P < 0.01$). In conclusion, maternal supplementation with injectable Cu and Zn during gestation improves the performance of Brangus cows and enhances growth of Nellore and Brangus calves, whereas the addition of vitamins does not provide additional benefits under the evaluated conditions.

Keywords: Beef cows, Fetal programming, Supplementation.

1. Introdução

A nutrição materna durante a gestação influencia o desenvolvimento fetal, desempenho produtivo e imunológico da progênie (Du et al., 2015; McLean et al., 2022; Wu et al., 2004). Nas últimas décadas, diversos estudos têm apontado que a suplementação adequada de vitaminas e microminerais para vacas em gestação pode influenciar diretamente os parâmetros fisiológicos e metabólicos dos bezerros, como o crescimento, a resposta imune e o metabolismo oxidativo (Moriel et al., 2021; McLean et al., 2022). Essa influência envolve adaptações epigenéticas do feto em resposta ao ambiente uterino, com efeitos duradouros sobre a saúde e a produtividade dos animais (Craner et al., 2025).

Minerais como Cu, Zn, Se e Mn além das vitaminas A e E, são reconhecidos por participarem de diversas vias metabólicas associadas à modulação da resposta imune, estresse oxidativo e ao desenvolvimento de tecidos, incluindo o sistema gastrointestinal e o sistema nervoso (Vieira-Neto; Lean; Santos, 2024). A suplementação estratégica desses nutrientes pode, portanto, promover melhores condições para o crescimento pós-natal e maior resistência a desafios sanitários, especialmente em sistemas de produção extensivos, como os praticados no Brasil (Cracco et al., 2023; Moriel et al., 2024).

Além disso, a suplementação mineral de vacas gestantes tem demonstrado efeito sobre o metabolismo e a deposição de reservas minerais no recém-nascido, influenciando indicadores como o peso ao nascimento e o ganho médio diário até a desmama (Klein et al., 2024; Craner et al., 2025). Nesse contexto, o uso de soluções injetáveis contendo microminerais e vitaminas representa uma alternativa prática e eficiente para garantir a oferta de nutrientes essenciais em diferentes estágios gestacionais.

Sendo assim, a inovação do presente estudo consiste em avaliar, de forma integrada, os efeitos da aplicação sequencial de vitaminas e microminerais injetáveis nos três terços da gestação, associando o impacto simultâneo no desempenho produtivo das vacas e no desenvolvimento pós-natal dos bezerros.

Nossa hipótese é que a aplicação de microminerais e vitaminas injetáveis nos terços inicial, médio e final da gestação afetaria tanto o desempenho da vaca e do bezerro lactente, quanto ao desenvolvimento pós-natal do bezerro em gestação. Portanto, o objetivo deste experimento foi determinar a influência da injeção de microminerais e vitaminas injetáveis (MMI+V) em vacas, durante os

terços inicial, médio e final de gestação, sobre o desempenho produtivo e reprodutivo de vacas Nelore e Brangus, bem como os efeitos nos bezerros em lactação.

2. Material e Métodos

O experimento foi desenvolvido na Fazenda Nossa Senhora de Aparecida, localizada no município de Aquidauana (longitude 50°02'56,23738" W, latitude 20°20'54,22003" S), em Mato Grosso do Sul. Antes do início do experimento, todos os manejos, cuidados e procedimentos foram aprovados pelo comitê de ética (CEUA UEMS protocolo nº 014/2023).

2.1 Manejo animal e Delineamento experimental

Foram utilizadas 509 matrizes, sendo 455 da raça Nelore e 54 da raça Brangus, incluindo vacas primíparas e multíparas paridas. No início do experimento, os animais apresentavam peso corporal médio de $393,5 \pm X$ kg e escore de condição corporal (ECC; escala de 1 a 5) de $2,98 \pm Y$. Antes do experimento, todas as vacas tiveram o estro sincronizado para IATF por meio de um protocolo de 10 dias. No primeiro dia, as fêmeas receberam um dispositivo intravaginal de progesterona (P4, PRIMER, progesterona 0,1 ng/mL, Tecnopec, São Paulo, Brasil) e 2 mg de benzoato de estradiol (BE; Gonadiol, Zoetis Animal, São Paulo, Brasil), por via intramuscular. Após oito dias, foi retirado o implante de P4 e administrado 1 mg de cipionato de estradiol (ECP, Zoetis Saúde Animal, São Paulo, Brasil), 12,5 mg de prostaglandina F2 α (Dinoprost trometamina; Lutalyse Zoetis Saúde Animal, São Paulo, Brasil) e 300 UI de ecg (Norvomon 5000 UI, Zoetis Saúde Animal, São Paulo, Brasil), todos por via intramuscular. Dez dias após, todas as vacas foram inseminadas, por um único inseminador, com sêmen de um touro Nelore. Trinta dias após a inseminação, foi realizado o diagnóstico de gestação por ultrassonografia transretal com auxílio de probe linear (7,5 MHz) acoplado ao aparelho de ultrassom (DM10V Pro).

No dia do diagnóstico de gestação, somente a vacas diagnosticadas como prenhas foram utilizadas no experimento e receberam a primeira dose dos tratamentos: 1) Salina – aplicação de solução salina (0,9% NaCl; 5 mL); 2) CuZn – aplicação de Cu (15 mg/ml) e Zn (50mg/ml) injetáveis (Suplenut®, Biogénesis Bagó; 5mL); 3) MMI+V – aplicação de micromineral injetável contendo Cu (10

mg/ml), Mn (10 mg/ml), Se (5 mg/ml), Zn (40mg/ml) (5 mL) e vitaminas A (59.500ui/ml) e E (50ui/100ml) (Kit Adaptador MIN-VIT, Biogénesis Bagó, 5mL) A via de aplicação dos tratamentos foi exclusivamente subcutânea no dia do diagnóstico de gestação (d -215) e foi reaplicada nos dias -125 e -45 em relação ao dia esperado ao parto, totalizando três aplicações distribuídas nos terços inicial, médio e final da gestação. Após o parto, as vacas não receberam nenhuma injeção com as soluções experimentais e, 30 dias após o parto, vacas foram submetidas a um novo protocolo de IATF, seguindo o mesmo supracitado.

2.2 Coleta e avaliações matrizes

Durante todos os manejos de curral os animais foram submetidos a pesagem com auxílio de balança digital e avaliados quanto ao seu escore de condição corporal (escala de 1 a 5, sendo 1 extremamente magro e 5 obesa) de acordo com a metodologia de Houghton et al. (1990).

Durante todo o período experimental, as matrizes prenhes e seus bezerros foram mantidos em 8 piquetes com areal total de 1100 hectares, rotacionados implantados com pastagens de *Urochloa humidicola* (Syn. *Urochloa humidicola*) cv. Humidícola. Foram coletadas amostras da forrageira por meio de simulações de pastejo nas fases do experimento (d -215; d -125; d -45; d 0; d 30; d 120; d 240) para análise do perfil nutricional.

Os piquetes eram providos de bebedouros e cochos para fornecimento de suplementação mineral. Durante o período chuvoso, as vacas receberam suplementação proteico-mineral (Macal Aditivado PRO; Macal, Soluções em Nutrição, Campo Grande, Brasil). Suplemento mineral aditivado, com consumo esperado de 40-55 g/100 kg de PC, que apresentava os seguintes níveis de garantia: nitrogênio não proteico equivalente em proteína, máximo de 21,20%; proteína bruta, mínima de 22,30%; nutrientes digestíveis totais estimados em 8,60%. Em relação aos macrominerais, apresentava Ca mínimo de 90 g/kg e máximo de 110 g/kg; P mínimo de 45 g/kg; Na mínimo de 90 g/kg; e S mínimo de 2,50 g/kg. Nos microminerais, continha Co mínimo de 30 mg/kg, Cu mínimo de 400 mg/kg, I mínimo de 30 mg/kg, Mn mínimo de 550 mg/kg, Se mínimo de 6,50 mg/kg, Zn mínimo de 2.000 mg/kg e F máximo de 450 mg/kg. Entre os

aditivos, o produto apresenta *Saccharomyces cerevisiae* (10.000 mg/kg) e salinomicina (500 mg/kg).

Durante o período seco, as vacas foram suplementadas com Macal 4020 (Macal, Soluções em Nutrição, Campo Grande, Brasil). Suplemento mineral composto por 20% de ureia, probiótico e cromo orgânico, com consumo esperado de 20-40 g/100Kg PC) o qual apresenta os seguintes níveis de garantia: levedura seca de Cana-de-açúcar 4200 mg/kg. NNNP Equiv. em PB (Min) 560,00 g/kg, Ca (Min) de 98 g/kg e (Máx) de 102 g/kg; P (Min) de 65,00 g/kg; Na (Min) de 100 g/kg; S (Min) de 12 g/kg; Co (Min) 100 mg/kg; Cu (Min) de 850 mg/kg; I (Min) 57,00 mg/kg; Mn (Min) 750 mg/kg; Se (Min) 10 mg/kg; Zn (Min) de 2.000 mg/kg; F (Máx) de 650 mg/kg; Cho (Min) 480 mg/kg. Ambos ofertados de forma *ad libitum* aos animais.

Dez matrizes de cada tratamento foram escolhidas aleatoriamente para avaliação da concentração plasmática dos microminerais (Cu, Mn, Se e Zn). As amostras de sangue foram coletadas por punção da veia caudal em tubo a vácuo de 10 mL contendo heparina sódica. O sangue foi transportado em caixa térmica com gelo até o Laboratório da UEMS/Aquidauana. No laboratório, foram centrifugados a 2000 × g por 15 min e 1200 × g por 20 min para coleta de plasma que foi armazenado a -80 °C até posterior análise da concentração de minerais.

2.3 Coletas e avaliações da prole

Os bezerros que estavam amamentando durante o período de aplicação das injeções experimentais foram submetidos a pesagem em três momentos d 70, d 120 e 240. Já os bezerros que estavam sendo gestados durante a aplicações das injeções experimentais foram pesados no d 0 (nascimento), 30, 120 e 240 dias de idade. Desses últimos, 10 bezerros de cada tratamento, foram submetidos à coleta de sangue, nos dias 0 e 240, como descrito para as vacas. Nesses mesmos 10 bezerros por tratamento, foi realizado a coleta de fezes diretamente na ampola retal em dois momentos, no d 30 e d 240 para quantificar e estimar a carga parasitária. Foram coletadas aproximadamente 10 g por bezerro, em seguida as amostras foram alocadas em caixa térmica com gelo e transportadas para o laboratório de microscopia da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, para as análises de quantificação e classificação.

Após 240 dias de vida, os bezerros foram submetidos ao desmame abrupto. Foram aplicadas as vacinas que seguem o calendário da propriedade: Carbúnculo (Poli-Star, MSD Saúde Animal, 5 mL, São Paulo, Brasil), Antirrábica (Raivacel Multi, MSD Saúde Animal, 2 mL, São Paulo, Brasil) e Brucelose (Anavac B19, Ceva Santé Animale, 2 mL, São Paulo, Brasil).

2.4 Análises laboratoriais

Nas amostras de forragens foram mensurados os teores de matéria seca (MS; método 934.01), proteína bruta (PB; método 984.13) e matéria mineral (MM; método 942.05), de acordo com as metodologias da AOAC (1990), bem como a fibra em detergente neutro (FDN), conforme a metodologia de Van Soest et al. (1991; Tabela 1). Além da caracterização bromatológica, as amostras de forragem foram submetidas à quantificação de microminerais, sendo avaliadas as concentrações de Cu, Fe, Mn, P, Se, Mo, S, e Zn. As determinações foram realizadas por espectrometria de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado (ICP-OES), utilizando-se um espectrômetro do modelo iCAP 6000® (Thermo Scientific, EUA). A calibração do equipamento foi efetuada por meio de curva analítica com soluções padrão nas concentrações de 0,05; 0,1; 0,25; 0,5 e 1,0 mg/L, empregando-se padrão multielementar (Specsol). As concentrações dos elementos foram expressas em mg/kg de matéria seca, e o argônio utilizado no sistema foi fornecido pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

As amostras de plasma foram analisadas para obter o teor de Cu, Zn, Se e Mn através da espectrometria de absorção atômica conforme sugerem Pogge et al. (2012). As determinações foram realizadas por espectrometria de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado (ICP-OES), utilizando-se um espectrômetro modelo iCAP 6000® (Thermo Scientific, EUA). A calibração do equipamento foi efetuada por meio de curva analítica com soluções padrão nas concentrações de 0,05; 0,1; 0,25; 0,5 e 1,0 mg/L, empregando padrão multielementar (Specsol). As concentrações dos elementos foram expressas em mg/L, e o argônio utilizado no sistema foi fornecido pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (Tabela 5).

Nas fezes, foi realizado o exame de contagem de ovos por grama de fezes (OPG) de acordo com o método de McMaster modificado (WHITLOCK, 1948).

2.5 Análises estatísticas

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado. Todas as análises foram realizadas utilizando o animal como unidade experimental e com a aproximação de Satterthwaite para determinar os graus de liberdade do denominador no teste dos efeitos fixos. Variáveis quantitativas foram analisadas usando o procedimento MIXED, e variáveis binomiais (por exemplo, taxa de prenhez) usando o procedimento GLIMMIX do SAS (SAS Inst. Inc., Cary, NC, EUA; versão 9.4). O ECC, variação de ECC, PC, variação de PC e taxa de prenhez das vacas, bem como o GMD dos bezerros, foram analisados incluindo como efeitos fixos: raça, tratamento e a interação raça × tratamento; e como efeito aleatório: animal (tratamento × lote) para vacas e animal (tratamento × grupo × sexo) para bezerros. Para vacas e bezerros lactentes, os valores iniciais de cada variável foram incluídos como covariáveis. O ECC e o PC foram analisados como medidas repetidas ao longo do tempo, incluindo efeitos fixos: raça, tratamento, dia e todas as interações possíveis; e como efeito aleatório: animal (tratamento × lote) para vacas e animal (tratamento × lote × sexo) para bezerros. Para vacas e bezerros lactentes, os valores iniciais de cada variável foram incluídos como covariáveis. Em todas as análises, a estrutura de covariância utilizada foi a de componentes simétricos, pois apresentou os menores valores no critério de informação de Akaike. As médias foram separadas usando a função PDIFF (teste *t*), e todos os resultados foram reportados como médias de quadrados mínimos (LSMEANS) seguidas do erro padrão da média (SEM). A significância foi definida quando $P \leq 0,05$, e a tendência, quando $P > 0,05$ e $P \leq 0,10$.

3. Resultados

Houve uma tendência de interação tratamento × raça no ECC das vacas ($P = 0,10$). Em vacas Brangus, o tratamento com CuZn apresentou maior ECC do que os grupos Salina e MMI+V. Também houve tendência de interação tratamento × raça ($P = 0,10$) na mudança no ECC do dia -215 ao dia 240, em que vacas Brangus do tratamento CuZn ganharam ECC, enquanto as do tratamento Salina e MMI+V perderam ECC (Tabela 2).

Além disso, observou-se uma interação tratamento × raça ($P = 0,04$) no PC das vacas (Tabela 2). Vacas Brangus dos grupos CuZn e MMI+V

apresentaram maior PC em comparação com as vacas Brangus do tratamento Salina. Não houve diferença significativa entre CuZn e MMI+V nesse parâmetro. Houve ainda interação tratamento $\times$ raça $\times$ dia ($P = 0,04$) para o PC, em que vacas Brangus dos grupos CuZn e MMI+V apresentaram maior PC nos dias 30, 120 e 240 em comparação com vacas do tratamento Salina (Figura 3). Não foram observadas diferenças significativas entre tratamentos ou interação tratamento $\times$ raça para a taxa de prenhez ($P \geq 0,41$).

Não houve diferença significativa entre os tratamentos e interação tratamento $\times$ dia para o PC ($P = 0,62$) e ganho médio diário (GMD, $P = 0,93$) dos bezerros lactentes (Tabela 3). Entretanto, observou-se uma interação tratamento $\times$ dia ($P = 0,03$) no PC dos bezerros. Bezerros oriundos de vacas do tratamento CuZn apresentaram maior PC no dia 240 do que os oriundos do tratamento MMI+V, enquanto os oriundos do tratamento MMI+V apresentaram maior PC do que os oriundos do tratamento Salina. Além disso, bezerros nascidos de vacas CuZn apresentaram maior PC do que os de vacas Salina, enquanto os bezerros MMI+V não diferiram dos demais. O GMD entre os dias 120 e 240 foi afetado pelos tratamentos ($P = 0,05$), com bezerros nascidos de vacas CuZn e MMI+V apresentando maior GMD em comparação aos do tratamento Salina.

A OPG da eimeriose não foi afetada pelos tratamentos nem por quaisquer interações com os tratamentos ($P \geq 0,54$). Além disso, não há outros efeitos dos tratamentos nem interações com os tratamentos em nenhuma outra variável ($P \geq 0,29$) (Tabela 4).

A concentração plasmática de microminerais das vacas não foi influenciada pelos tratamentos aplicados durante a gestação ($P > 0,05$; Tabela 5). Já nos bezerros, observou-se interação significativa entre tratamento e dia de avaliação para a concentração plasmática de Cu ($P < 0,01$; Tabela 5). Somente ao nascimento (dia 0), os bezerros provenientes de vacas do tratamento MMI+V apresentaram maior concentração de Cu em comparação aos grupos Salina e CuZn. Para os demais microminerais avaliados nos bezerros, não foram constatados efeitos dos tratamentos ou da interação tratamento $\times$ dia ($P > 0,05$).

4. Discussão

Os resultados deste experimento indicam que o maior ECC observado nas vacas Brangus suplementadas com CuZn, em comparação aos grupos

Salina e MMI+V, pode estar relacionado às funções metabólicas e antioxidantes desempenhadas pelo cobre e pelo zinco. Esses minerais participam de processos essenciais, incluindo transporte de oxigênio, formação de hemoglobina, atividade da enzima superóxido dismutase e manutenção da integridade celular, além de contribuírem para a modulação da resposta imune (Ranches et al., 2021). Entretanto, como o tratamento MMI+V também continha Cu e Zn em sua composição, é possível que a resposta observada esteja associada às diferenças nas concentrações e proporções desses minerais entre os produtos utilizados. Dessa forma, embora os mecanismos biológicos do Cu e do Zn possam ter contribuído para a manutenção da condição corporal, os resultados devem ser interpretados com cautela, uma vez que não foram observadas diferenças nos indicadores plasmáticos de status mineral entre os tratamentos.

Por outro lado, a ausência de efeito da suplementação sobre o ECC peso corporal e ganho de peso das vacas Nelore é consistente com Ranches et al. (2021), que destacaram a maior eficiência de vacas *Bos indicus* na utilização de microminerais e a menor excreção quando comparadas a vacas *Bos taurus*.

Adicionalmente, o fato de vacas CuZn Brangus apresentarem maior ganho de peso do dia -215 ao 240 em comparação aos outros grupos reforça o potencial da suplementação de Cu e Zn isolados para manutenção do balanço energético positivo durante a gestação. Em contrapartida, a ausência de efeito da formulação MMI+V sobre ECC e PC das vacas Brangus neste estudo difere parcialmente de resultados prévios (Klein et al., 2021; Vieira-Neto et al., 2024), que relataram efeitos positivos da suplementação materna com vitaminas A e E associadas a microminerais (Cu, Mn, Zn e Se), fornecidos via suplementação dietética ao longo da gestação, em níveis formulados para atender ou exceder as exigências nutricionais (mg/kg de matéria seca), ou via formulações injetáveis contendo, tipicamente, Cu, Zn, Mn e Se em concentrações aproximadas de 15, 60, 10 e 5 mg/mL, respectivamente. Tal diferença pode ser decorrente do status mineral e vitamínico inicial dos animais, do tempo de aplicação, ou ainda da biodisponibilidade específica do produto utilizado, como já discutido por Ranches et al. (2021).

Os resultados observados neste estudo estão parcialmente de acordo

com Genther-Schroeder e Hansen (2020), que relataram aumento da disponibilidade sistêmica de microminerais após a suplementação injetável, favorecendo processos metabólicos relacionados ao desempenho e à manutenção da condição corporal dos animais. De forma semelhante, McLean et al. (2022) destacaram que a suplementação com Cu e Zn pode melhorar o status nutricional de matrizes bovinas, com potenciais reflexos sobre o desempenho produtivo. No presente estudo, entretanto, os efeitos da suplementação foram dependentes da raça, sendo observados apenas nas vacas Brangus suplementadas com CuZn, que apresentaram maior ECC e peso corporal em comparação aos demais tratamentos. A ausência de resposta nas vacas Nelore sugere que fatores como diferenças genéticas, exigências nutricionais, status mineral prévio ou capacidade de utilização dos nutrientes podem influenciar a magnitude da resposta à suplementação. De maneira geral, esses resultados reforçam a importância de considerar as particularidades raciais e as condições nutricionais do rebanho na definição de estratégias de suplementação mineral e vitamínica em bovinos de corte (McLean et al., 2022).

A taxa de prenhez não foi influenciada pelos tratamentos avaliados neste estudo. De forma semelhante, Stokes et al. (2019a) não verificaram alterações nos índices reprodutivos de vacas submetidas à suplementação injetável de microminerais durante a gestação. Embora os microminerais desempenhem papel fundamental na reprodução, os benefícios da suplementação são frequentemente mais pronunciados em situações de deficiência ou de elevada demanda fisiológica (Genther-Schroeder e Hansen, 2020). Portanto, a ausência de resposta observada neste estudo pode indicar que outros fatores, além do aporte mineral, exerceram maior influência sobre o desempenho reprodutivo das matrizes.

Os efeitos observados sobre o desempenho dos bezerros neste estudo estão de acordo com Genther-Schroeder e Hansen (2020), que relataram melhorias no crescimento da progênie ao desmame após suplementação injetável de Cu e Zn em vacas gestantes. Esses efeitos podem estar relacionados à maior disponibilidade placentária e tecidual desses microminerais, os quais desempenham funções importantes no metabolismo energético, crescimento celular e resposta imune da progênie (McLean et al.,

2022).

Corroborando esses achados, o GMD dos bezerros dos tratamentos CuZn e MMI+V foi superior ao do tratamento Salina no período de 120 a 240 dias. Esse resultado é consistente com Shao et al. (2020), que observaram melhora no desempenho de novilhos oriundos de vacas suplementadas com Cu, Mn, Se e Zn durante a gestação, indicando que a suplementação materna pode influenciar positivamente o crescimento pós-natal por meio da programação fetal. Apesar das diferenças observadas no ganho médio diário, não foram detectados efeitos dos tratamentos sobre o peso corporal dos bezerros nas idades avaliadas. Resultados semelhantes foram relatados por McLean et al. (2022) e Moriel et al. (2021), que observaram respostas discretas ou específicas para determinadas fases do desenvolvimento da progênie, sugerindo que os efeitos da suplementação materna podem variar em magnitude e momento de manifestação.

Apesar do maior PC ao desmame no tratamento CuZn, o tratamento MMI+V apresentou GMD semelhante entre 120 e 240 dias. Esse resultado diverge parcialmente de estudos prévios (Cracco et al., 2023; Vieira-Neto et al., 2024), que relataram benefícios consistentes do uso combinado de microminerais e vitaminas A e E na eficiência de crescimento da progênie. Possíveis explicações incluem variações no status mineral inicial das matrizes, diferenças na biodisponibilidade dos produtos utilizados ou no manejo nutricional de pastagem, como apontado por Tokarnia et al. (2000).

Ainda, o maior peso ajustado para 205 dias nos bezerros CuZn destaca a importância do Cu e Zn para o desenvolvimento inicial, formação óssea e muscular, e maturação do sistema imunológico, fatores essenciais para otimizar o desmame e a recria de bovinos de corte (Zornitta et al., 2022).

Por fim, os resultados reforçam a hipótese de que a suplementação materna estratégica, especialmente com microminerais como Cu e Zn, pode exercer efeito positivo sobre o crescimento da progênie via programação fetal, promovendo maior peso ao desmame e melhor desempenho pré-puberal, enquanto a inclusão de vitaminas pareceu ter efeito menor neste experimento específico (McLean et al., 2022; Shao et al., 2020).

Embora o tratamento com MMI+V tenha apresentado numericamente

menor carga de *E. ahsata* aos 120 dias, essa diferença não foi estatisticamente significativa. Esse resultado sugere que a suplementação materna injetável com microminerais isolados ou associados a vitaminas não exerceu efeito consistente na resistência de *Eimeria*. McLean et al. (2022) relatam que o impacto prático da suplementação mineral materna na carga de coccídios dos bezerros depende do status mineral prévio do rebanho, do nível de desafio ambiental e da imunidade adquirida dos animais. Neste estudo, as condições sanitárias adequadas, o manejo nutricional adequado das matrizes e o baixo desafio ambiental possivelmente limitaram a manifestação de efeitos significativos. Além disso, PEIXOTO et al. (2005) enfatizam que o Zn desempenha papel essencial na manutenção da integridade epitelial intestinal e resposta imune celular, podendo contribuir indiretamente para maior resistência contra infecções entéricas, embora o efeito seja mais evidente em situações de deficiência prévia ou desafios sanitários intensos. Vieira-Neto et al. (2024) discutem que a suplementação combinada de microminerais e vitaminas lipossolúveis pode melhorar a resposta antioxidante e a integridade intestinal, mas sua eficácia depende da biodisponibilidade, tempo de aplicação e do nível de desafio sanitário enfrentado pelos bezerros.

A ausência de efeito dos tratamentos sobre as concentrações plasmática de Co, Zn, Se, Mn e F nas vacas sugere que o protocolo de aplicações parenterais utilizado não foi suficiente para alterar de forma consistente os estoques minerais maternos. Resultados semelhantes foram relatados por Pogge et al. (2012) e Willmore et al. (2021), que também observaram limitada resposta plasmática em vacas adultas submetidas à suplementação injetável, especialmente quando os animais já apresentavam status mineral adequado. Puls (1994) e Wikse et al. (1992) destacam que o fígado exerce importante função no armazenamento de Cu e Se. Assim, em animais com adequado status mineral, alterações nas concentrações plasmáticas após suplementação podem ser discretas, o que possivelmente explica os resultados observados no presente estudo.

As matrizes apresentaram concentrações plasmáticas de Cu compatíveis com valores adequados para bovinos de corte, conforme descrito por Tokarnia et al. (2000) e McDowell (1996), sugerindo que o adequado status

mineral prévio pode ter reduzido a magnitude da resposta à suplementação injetável. Bohman et al. (1984) relataram que a dinâmica de resposta ao Cu injetável está relacionada ao status mineral inicial e aos mecanismos homeostáticos regulados por metalotioneínas, conforme discutido por Burk (1991). As concentrações plasmáticas de Zn e Mn não diferiram entre os tratamentos, resultado compatível com Spears (1996), que relatou maior rigor nos mecanismos homeostáticos desses microminerais, reduzindo a magnitude das respostas circulantes à suplementação.

Apesar da falta de resposta nas vacas, observou-se efeito marcante na progênie, com interação tratamento × dia para as concentrações plasmáticas de Co, indicando possível influência da suplementação materna sobre o status mineral dos bezerros. Aos 240 dias, os animais oriundos do tratamento MMI+V apresentaram concentrações significativamente superiores às dos grupos Salina e CuZn. Esse achado reforça a hipótese de programação fetal e transferência placentária de microminerais, conforme descrito por Funston et al. (2010) e Diniz et al. (2021), que demonstraram que a suplementação materna pode modular a expressão de genes relacionados ao transporte e ao metabolismo energético da placenta. Moriel et al. (2021) e McLean et al. (2022) também relataram melhorias no status mineral e no desempenho de bezerros provenientes de vacas suplementadas durante a gestação, mesmo na ausência de alterações evidentes nas matrizes.

O maior acúmulo de Co aos 240 dias no grupo MMI+V pode estar relacionado ao papel desse mineral no desenvolvimento do sistema imune e no metabolismo oxidativo (Smith et al., 2008; Wintergerst et al., 2007). Ranches et al. (2021) destacam diferenças na eficiência de utilização do Co entre genótipos *Bos indicus*, sugerindo que a resposta observada em bezerros Nelore pode refletir particularidades metabólicas da raça. Além disso, Shao et al. (2020) e Stokes et al. (2019b) verificaram que injeções contendo Cu, Zn, Mn e Se em vacas gestantes resultaram em maior concentração hepática e melhor resposta inflamatória em bezerros, resultados coerentes com os obtidos no presente estudo.

Para Zn, Se, Mn e Fe, não foram detectadas diferenças entre os bezerros, indicando que o efeito da suplementação materna foi mais

pronunciado para o Cu. Allan et al. (1999) descrevem que a incorporação de Se em selenoproteínas depende fortemente da ingestão dietética contínua, o que pode limitar as respostas a aplicações pontuais. Resultados de Mundell et al. (2012) e Sprinkle et al. (2006) também demonstraram respostas variáveis entre microminerais após suplementação injetável, com maior consistência para o Cu.

Do ponto de vista produtivo, o aumento das concentrações plasmáticas de Cu observado na progênie pode ter implicações positivas no crescimento e na eficiência metabólica, uma vez que esse elemento participa da atividade de enzimas chave do metabolismo energético e da síntese de colágeno (Corah e Ives, 1991). Estudos de programação fetal indicam que a nutrição materna durante a gestação influencia o desenvolvimento tecidual e o desempenho pós-natal (Du et al., 2015; Greenwood e Café, 2007; Wu et al., 2004). Assim, mesmo sem alterar expressivamente as concentrações plasmáticas de microminerais nas matrizes, o protocolo MMI+V pode ter contribuído para um ambiente intrauterino mais adequado ao desenvolvimento mineral da progênie.

5. Conclusão

A suplementação injetável de microminerais durante a gestação, especialmente com Cu e Zn isolados, promoveu melhoria no escore de condição corporal e peso de vacas Brangus, além de aumentar o peso ao desmame e o ganho médio diário dos bezerros programados fetalmente.

Não houve efeito da suplementação materna de minerais e vitaminas injetáveis sobre resistência a *Eimeria* na progênie.

6. Referências Bibliográficas

ALLAN, C.B.; LACOURCIERE, G.M.; STADTMAN, T.C. Responsiveness of selenoproteins to dietary selenium. *Annual Reviews Nutrition*, v.19, p.1-16, 1999.

AOAC. 1990. *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists*, Vol. II, 15th ed. Sec.985.29. The Association: Arlington, VA.

BOHMAN, V.R.; DRAKE, E.L.; BEHRENS, W.C. Injectable copper and tissue composition of cattle. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v. 67, n. 7, p. 1468-1473, 1984.

BURK, R.F. Molecular biology of selenium with implications for its metabolism. *The FASEB Journal*, v.5, p.2274-2279, 1991.

CORAH, L.R.; IVES, S. The Effects of Essential Trace Minerals on Reproduction in Beef Cattle. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, v.7, p.41-57, 1991.

CRANER, A. J. et al. Programação precoce do jejuno bovino neonatal em resposta à suplementação materna de vitaminas e minerais. *Journal of Developmental Origins of Health and Disease*, v. 16, p. e24, 2025.

DINIZ, W.J.S. et al. Maternal vitamin and mineral supplementation and rate of maternal weight gain affects placental expression of energy metabolism and transport-related genes. *Genes*, v.12, p.1-14, 2021.

DU, M.; WANG, B.; FU, X.; YANG, Q.; ZHU, M. Fetal programming in meat production. *Meat Science*, v.109, p.40-47, 2015.

FUNSTON, R.N.; LARSON, D.M.; VONNAHME, K.A. Effects of maternal nutrition on conceptus growth and offspring performance. *Journal of Animal Science*, v.88, p.E205-E215, 2010.

Genther-Schroeder, O.N., Hansen, S.L., 2020. Injectable trace minerals to improve health and productivity of beef cattle: A review. *Journal of Animal Science*. Sci. 98, skaa034.

GENTHER-SCHROEDER, O.N.; HANSEN, S.L. Injectable trace minerals to improve health and productivity of beef cattle: A review. *Journal of Animal Science*, v.98, n.3, 2020.

GREENWOOD, P.L.; CAFÉ, L.M. Prenatal and pre-weaning growth and nutrition of cattle. *Animal*, v.1, n.9, p.1283-1296, 2007.

HARRIS, C.L. et al. Vitamin A administration at birth promotes calf growth and intramuscular fat development. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, v.9, p.1-9, 2018.

HURLBERT, J.L. et al. Effects of maternal vitamin and mineral supplementation on offspring development in beef cattle. 2023.

HOUGHTON, P.L.; LEMENAGER, R.P.; MOSS, G.E. AND HENDRIX, K.S. 1990. Prediction of postpartum beef cow body composition using weight to height ratio and visual body condition score. *Journal of Animal Science*, 68: 1428-1437.

HURLBERT, J.L. et al. Effects of maternal vitamin and mineral supplementation on offspring development in beef cattle. 2023.

HURLBERT, J.L., BAUMGAERTNER, F., MENEZES, A.C.B., BOCHANTIN, K.A., DINIZ, W.J.S., UNDERDAHL, S.R., DORSAM, S.T., KIRSCH, J.D., SEDIVEC, K.K., DAHLEN, C.R., 2024a. Supplementing vitamins and minerals to beef heifers during gestation: impacts on mineral status in the dam and offspring, and growth and physiological responses of female offspring from birth to puberty. *Journal of Animal Science*. 102, skae002.

MCDOWELL, L.R. Feeding minerals to cattle on pasture. *Animal Feed Science and Technology*, v.60, p.247-271, 1996.

MORIEL, P. et al. Improving beef progeny performance through developmental programming. *Frontiers in Animal Science*, Lausanne, v. 2, p. 728635, 2021.

MUNDELL, L.R. et al. Effects of prepartum and postpartum bolus injections of trace minerals on performance of beef cows and calves. *Professional Animal Scientist*, v.28, p.82-88, 2012.

MWANGI, F.W. et al. Diet and genetics influence beef cattle performance and meat quality. *Foods*, v.8, p.1-24, 2019.

POGGE, D.J. et al. Mineral concentrations of plasma and liver after injection with a trace mineral complex. *Journal of Animal Science*, v.90, p.2692-2698, 2012.

PULS, R. *Mineral Levels in Animal Health: Diagnostic Data*. 2.ed. Sherpa Int., 1994.

RANCHES, J.; ALVES, R.; VEDOVATTO, M.; PALMER, E. A.; MORIEL, P.; ARTHINGTON, J. D. Differences in copper and selenium metabolism between Angus (*Bos taurus*) and Brahman (*Bos indicus*) cattle. *Journal of Animal Science*, Champaign, v. 99, skab138, 2021.

SHAO, T., BRATTAIN, K., SHIKE, D.W., 2020. Effects of maternal supplementation with an injectable trace mineral containing copper, manganese, zinc, and selenium on subsequent steer finishing performance and carcass characteristics. *Animals* 10, 1–9.

SHAO, T.; BRATTAIN; SHIKE, D.W. Effects of maternal supplementation with an injectable trace mineral on steer performance. *Animals*, v.10, p.1-9, 2020.

SMITH, A.D.; BOTERO, S.; LEVANDER, O.A. Copper deficiency increases the virulence of coxsackievirus B3. *Journal of Nutrition*, v.138, p.849-855, 2008.

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

SPRINKLE, J.E. et al. Effects of a long-acting trace mineral bolus on range cow productivity. *Journal of Animal Science*, v.84, p.1439-1453, 2006.

STOKES, R.S. et al. Effects of maternal supplementation with an injectable trace mineral on subsequent calf performance. *Journal of Animal Science*, v.97, p.4475-4481, 2019b.

STOKES, R.S., IRELAND, F.A., SHIKE, D.W., 2019. Influence of repeated trace mineral injections during gestation on beef heifer and subsequent calf performance. *Translational Animal Science*. 3, 493–503.

TOKARNIA, C.H.; DÖBEREINER, J.; PEIXOTO, P.V. Deficiências minerais em bovinos. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, v.20, p.127-138, 2000.

VIEIRA-NETO, A., LEAN, I.J., SANTOS, J.E.P., 2024. Periparturient mineral metabolism: implications to health and productivity. *Animals* 14, 1232.

WHITLOCK, J.H. Some modifications of the McMaster helminth egg-counting technique and apparatus. *Journal of the Council of Scientific and Industrial Research*, v.21, n.1, p.177-180, 1948.

WIKSE, S.E. et al. Diagnosis of Copper Deficiency in Cattle. *Javma*, v.200, p.1625-1629, 1992.

WILLMORE, C.J. et al. Effects of a trace mineral injection on performance of beef cows and calves. *Animals*, v.11, p.1-11, 2021.

WINTERGERST, E.S.; MAGGINI, S.; HORNIG, D.H. Contribution of vitamins and trace elements to immune function. *Annals of Nutrition and Metabolism*, v.51, p.301-323, 2007.

WU, G. et al. Maternal nutrition and fetal development. *Journal of Nutrition*, v.134, p.2169-2172, 2004.

WU, G.; BAZER, F.W.; WALLACE, J.M.; SPENCER, T.E. Intrauterine growth retardation: Implications for animal sciences. *Journal of animal science*, v.84, p.2316-2337, 2006.

ZORNITTA, C.S., D'OLIVEIRA, M.C., BENTO, A.L.L., ROCHA, R.F.A.T.,
VEDOVATTO, M., FRANCO, G.L., 2022. Effect of injectable trace mineral at
weaning on growth and physiology of Nellore calves under feed restriction.
Tropical Animal Health and Production, Edinburgh. 54, 18.

Tabela 1. Composição bromatológica e mineral da forragem *Brachiaria humidicola* (Syn. *Urochloa humidicola*) cv. Humidícola ao longo do experimento (base na matéria seca).

Item	Dias						
	-215	-125	-45	0	30	120	240
Proteína Bruta, g/kg MS	44,2	35,9	59,4	71,3	51,1	44,3	21,2
Fibra em Detergente Neutro, g/kg MS	722	784	751	738	713	754	709
Matéria Mineral, g/kg MS	77,8	89,7	103	94,3	73,4	79,3	83,4
Cobre, mg/kg MS	0,70	1,64	1,73	1,03	0,81	0,75	0,89
Ferro, mg/kg MS	139	140	92,7	61,5	94,3	95,9	112
Manganês, mg/kg MS	340	262	289	121	172	167	190
Fosforo, mg/kg MS	297	832	664	607	363	342	466
Selênio, mg/kg MS	0,96	0,89	0,92	0,71	0,89	0,83	0,89
Zinco, mg/kg MS	7,57	8,59	8,86	6,54	4,11	3,90	5,77

Tabela 2. Escore de condição corporal (ECC), peso corporal (PC) e taxas de prenhez de vacas que receberam injeções de solução salina (Saline; 0,9% NaCl), solução de cobre e zinco (CuZn) ou solução de minerais e vitaminas (MMI+V) nos dias -215, -125 e -45 em relação ao parto (d 0).

Items ²	Tratamentos			SEM	P-valor	
	Salina	CuZn	MMI+V		Trat	Trat × raça
ECC, 1 - 9					0,02	0,10
Brangus	5,17 ^b	5,60 ^a	5,21 ^b	0,12		
Nelore	5,36	5,45	5,45	0,04		
Alteração ECC, 1 - 9						
d -215 para -125	0,26	0,37	0,41	0,13	0,66	0,78
d -125 para -45	0,17	0,06	0,00	0,12	0,48	0,92
d -45 para 0	0,17	-0,05	-0,01	0,19	0,78	0,65
d 0 para 30	-0,04	0,15	-0,30	0,16	0,23	0,74
d 30 para 120	-0,46	-0,07	0,03	0,19	0,31	0,32
d 120 para 240	-0,02	-0,01	-0,28	0,18	0,71	0,80
d -215 para 240					0,08	0,10
Brangus	-0,64 ^b	0,28 ^a	-0,47 ^b	0,30		
Nelore	0,07	0,10	0,05	0,10		
PC, kg					0,10	0,04
Brangus	390 ^b	412 ^a	403 ^{ab}	6,34		
Nelore	407	404	405	2,25		
Alteração PC, kg						
d -215 para -125	9,42	17,1	17,9	3,75	0,26	0,41
d -125 para -45	11,8	4,48	13,8	4,33	0,35	0,12
d -45 para 30	-18,3	-8,83	-34,2	10,4	0,36	0,18
d 30 para 120	1,62	6,06	5,26	5,05	0,83	0,98
d 120 para 240	21,2	29,9	24,2	6,20	0,62	0,72
d -215 para 240					0,04	0,01
Brangus	-6,84 ^b	57,8 ^a	11,9 ^b	16,5		
Nelore	24,6	18,0	17,3	5,06		
Taxa de prenhez, %						
IA (d 70)	55,6	70,2	68,2	8,07	0,47	0,41
IA (d 120)	78,9	78,6	86,6	5,26	0,61	0,78

^{a-b} Na linha, diferem entre si ($P \leq 0.05$). ECC: escore de condição corporal. PC: peso corporal, IA: inseminação artificial. Salina: aplicação de solução salina (5mL). Cu+Zn: aplicação de Cu e Zn injetáveis (Suplenut®, Biogénesis Bagó,

5mL). MMI+V: aplicação de micromineral injetável contendo Cu, Mn Se, Zn e vitaminas A e (Kit Adaptador MIN-VIT, Biogénesis Bagó, 5mL).

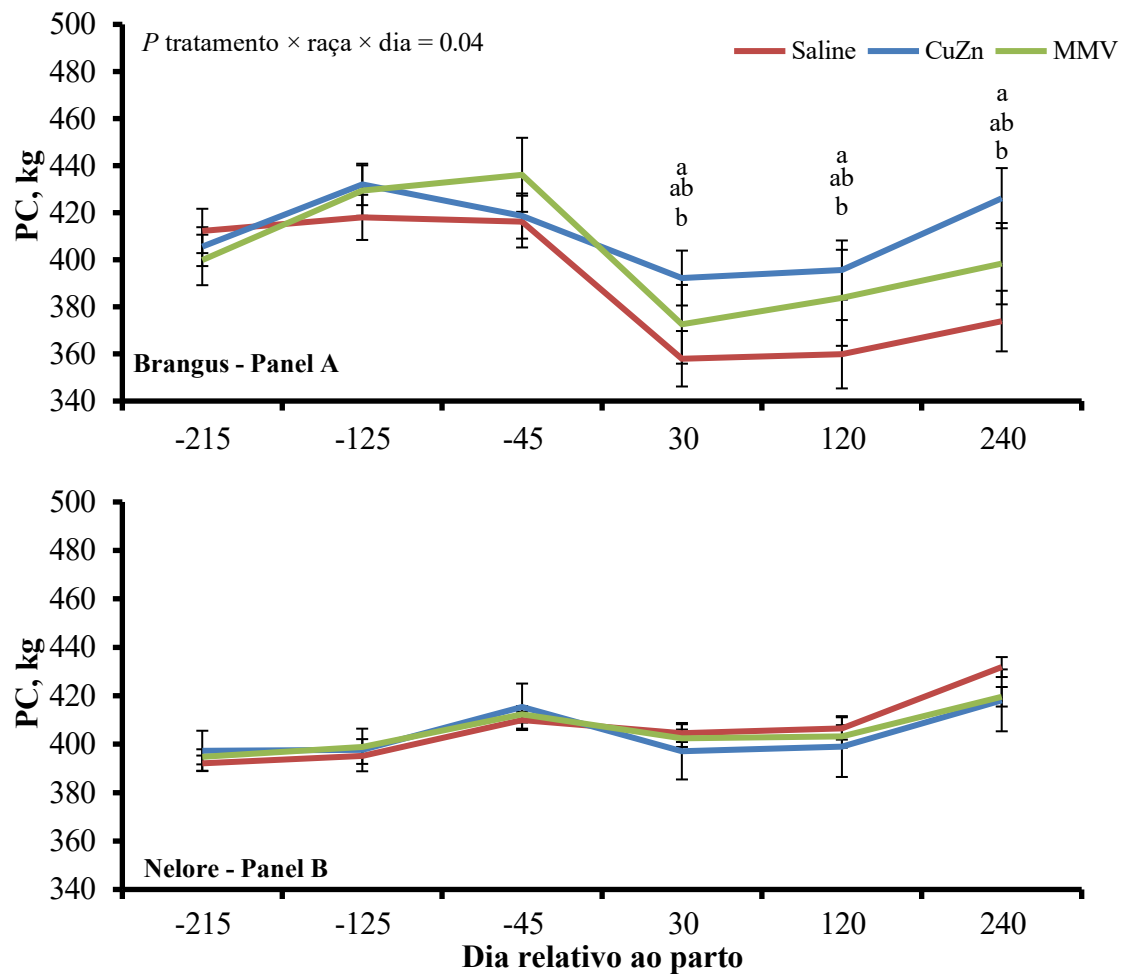


Figura 1. Efeitos do tratamento $\times$ raça $\times$ dia das vacas no peso corporal de vacas Brangus (Painel A) e Nelore (Painel B) que receberam injeções de solução salina (Salina; 0,9% NaCl), solução de cobre e zinco (CuZn) ou soluções de minerais e vitaminas (MMI+V) nos dias -215, -125 e -45 relacionados ao parto (d 0).

Tabela 3. Desempenho de bezerros amamentando ou sendo gestados (bezerros programados fetalmente) por vacas que receberam injeções de solução salina (Saline; 0,9% NaCl), solução de cobre e zinco (CuZn) ou soluções de minerais e vitaminas (MMI+V) nos dias -215, -125 e -45 em relação ao parto (d 0).

Items ²	Tratamentos			SEM	P-valor	
	Salina	CuZn	MMI+V		Trat	Trat x dia
Bezerros em amamentação					0,62	0,43
PC, kg						
d 70	130	131	130	3,46		
d 160	183	191	183	4,30		
d 240	211	213	211	3,47		
GMD, kg/d						
d 70 to 160	0,58	0,67	0,59	0,06	0,46	0,43
d 160 to 240	0,33	0,30	0,34	0,05	0,81	0,88
d 70 to 240	0,48	0,49	0,48	0,03	0,93	0,67
Bezerros programados fetalmente						
PC, kg					0,70	0,03
d 0	34,3	33,9	33,5	3,25		
d 30	73,4	71,1	73,7	3,27		
d 120	154	150	148	3,13		
d 240	213 ^c	230 ^a	222 ^b	3,15		
d 205 ajustado	194 ^b	205 ^a	200 ^{ab}	3,70	0,05	-
GMD, kg/d						
d 0 to 30	1,26	1,21	1,30	0,06	0,55	-
d 30 to 120	0,89	0,84	0,86	0,04	0,77	-
d 120 to 240	0,54 ^b	0,69 ^a	0,63 ^a	0,03	0,05	-
d 0 to 240	0,74	0,81	0,77	0,03	0,17	-

^{a-b} Na linha, diferem entre si ($P \leq 0,05$). PC: peso corporal, GMD: ganho médio geral, ajust: peso ajustado. Salina: aplicação de solução salina (5mL). Cu+Zn: aplicação de Cu e Zn injetáveis (Suplenut®, Biogénesis Bagó, 5mL). MMI+V: aplicação de micromineral injetável contendo Cu, Mn Se, Zn e vitaminas A e (Kit Adaptador MIN-VIT, Biogénesis Bagó, 5mL).

Tabela 4. Quantidade de eimeriose em bezerros Nelore no dia d 30 e d 240 programados fetalmente em vacas que receberam injeções de solução salina (Saline; 0,9% NaCl), solução de cobre e zinco (CuZn) ou soluções de minerais e vitaminas (MMI+V) nos dias -215, -125 e -45 em relação ao parto (d 0).

Items ²	Tratamentos			SEM	P-valor
	Salina	CuZn	MMI+V		Tratamento
<i>Eimeria ahsata</i> , log ₁₀					
d 30	1,92	1,87	1,46	0,29	0,54
d 240	0,38	0,37	0,31	0,11	0,91
<i>Eimeria crandallis</i> , log ₁₀					
d 30	0,11	0,17	0,22	0,16	0,87
d 240	0,00	0,05	0,06	0,04	0,70

^{a- b} Na linha, diferem entre si ($P \leq 0,05$). Salina: aplicação de solução salina (5mL). Cu+Zn – aplicação de Cu e Zn injetáveis (Suplenut®, Biogénesis Bagó, 5mL). MVT – aplicação de micromineral injetável contendo Cu, Mn Se, Zn e vitaminas A e (Kit Adaptador MIN-VIT, Biogénesis Bagó, 5mL).

Tabela 5. Concentração de microminerais no plasma de vacas que receberam injeções de solução salina (Saline; 0,9% NaCl), solução de cobre e zinco (CuZn) ou soluções de minerais e vitaminas (MMI+V) nos dias -215, -125 e -45 em relação ao parto (d 0) e aos seus respectivos bezerros.

Items ² (mg/Kg)	Tratamentos			SEM	P-valor	
	Salina	CuZn	MMV		Trat	Trat x dia
Vacas						
Cobre	280	222	261	41.7	0.53	0.61
Zinco	118	105	85.6	24.0	0.59	0.91
Selênio	11.2	10.9	9.20	1.03	0.33	0.25
Manganês	23.1	22.9	22.1	1.57	0.52	0.69
Ferro	305	350	392	51.9	0.57	0.97
Bezerros						
Cobre					0.01	<0.01
d 0	252 ^b	231 ^b	436 ^a	38.3		
d 240	254	259	253	24.8		
Zinco	150	99.3	129	28.6	0.36	0.20
Selênio	19.6	14.6	17.1	1.92	0.35	0.33
Manganês	32.3	22.1	35.6	1.71	0.34	0.58
Ferro	207	209	233	52.2	0.93	0.95

CAPÍTULO 3 – ARTIGO TÉCNICO: MICROMINERAIS INJETÁVEIS NA GESTAÇÃO: PROGRAMANDO DESEMPENHO EM BEZERROS NELORE

Este capítulo apresenta uma nota técnica, elaborada com o propósito de aproximar os resultados da pesquisa à realidade do campo. A redação do documento foi realizada em conformidade com as normas editoriais estabelecidas pela revista do Conselho Federal de Medicina Veterinária (CFMV).

MICROMINERAIS INJETÁVEIS NA GESTAÇÃO: PROGRAMANDO DESEMPENHO EM BEZERROS NELORE

Kelly Cristina da Costa Lopes^{1*}, Marcelo Vedovatto¹

¹Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Aquidauana, MS, Brasil, 79200-000

*Autor para correspondência: kellyzoo2019@gmail.com

Da gestação ao nascimento: a nutrição materna vai além da vaca

A gestação é um período estratégico na produção de bovinos de corte. Muito além de manter a vaca prenhe, a nutrição nesse período pode modular o desenvolvimento fetal e influenciar diretamente o desempenho e a saúde da progênie, fenômeno conhecido como programação fetal.

Em sistemas extensivos brasileiros, especialmente no Cerrado-Pantanal, é comum a criação de bovinos da raça Nelore em pastagens tropicais como *Brachiaria humidicola* (Syn. *Urochloa humidicola*). Nessas condições, a oferta e o consumo de microminerais podem ser variáveis, mesmo com suplementação mineral no cocho. Minerais como cobre (Cu), zinco (Zn), selênio (Se) e manganês (Mn), além das vitaminas A, D e E, participam de processos fundamentais.

Diante disso, o uso de soluções injetáveis surge como estratégia para garantir aporte conhecido e homogêneo de nutrientes, evitando a variabilidade de consumo observada na suplementação oral.

Mas a pergunta central é: **a aplicação sequencial de microminerais e vitaminas durante os três terços da gestação realmente impacta vaca e bezerro?**

1 - Do diagnóstico de gestação à desmama: como o estudo foi conduzido

O experimento foi realizado em propriedade comercial no município de Aquidauana-MS, utilizando 509 matrizes (455 Nelore e 54 Brangus), primíparas e múltiparas. Após diagnóstico de gestação, as vacas foram distribuídas em três tratamentos: Salina (controle), Cu+Zn (cobre e zinco injetáveis), MMI+V (microminerais + vitaminas A e E).

As aplicações foram realizadas por via subcutânea no terço inicial, médio e final da gestação (dias -215, -125 e -45 em relação ao parto).

As avaliações incluíram: Nas vacas: Peso corporal (PC), escore de condição corporal (ECC), taxa de prenhez subsequente e concentração plasmática de microminerais. Nos bezerros: Peso ao nascimento e aos 30, 120 e 240 dias e ganho médio diário, concentração plasmática de microminerais, contagem de ovos por grama de fezes (OPG).

O que aconteceu com as vacas?

Em vacas Nelore, não houve diferença significativa entre tratamentos para peso corporal ou escore de condição corporal. Entretanto, em vacas Brangus, observou-se resposta diferenciada: Vacas tratadas com Cu+Zn apresentaram maior ECC e vacas dos grupos Cu+Zn e MMI+V apresentaram maior peso corporal em determinados períodos.

Esses resultados indicam que a resposta à suplementação injetável pode ser influenciada pelo grupo genético, sugerindo diferenças metabólicas entre raças zebuínas e taurinas. Importante destacar que a taxa de prenhez não foi afetada pelos tratamentos, indicando que a estratégia não comprometeu o desempenho reprodutivo.

E os bezerros? A programação fetal funcionou?

Quanto à progênie, os resultados sugerem que a programação fetal se manifestou principalmente por alterações no metabolismo mineral, e não no desempenho ponderal. Até a desmama (240 dias), não foram observadas diferenças entre os tratamentos para peso corporal ou ganho médio diário. Entretanto, a avaliação do status mineral plasmático revelou respostas importantes. No nascimento (d 0), as concentrações plasmáticas de Cu foram semelhantes entre os grupos. Contudo, aos 240 dias, os bezerros oriundos de

vacas tratadas com MMI+V apresentaram maiores concentrações plasmáticas de Cu em comparação aos demais tratamentos. Esses resultados indicam que a suplementação materna durante a gestação foi capaz de influenciar o status mineral da progênie, produzindo efeitos detectáveis mesmo após o nascimento. Assim, embora não tenham sido observadas respostas consistentes sobre o crescimento até a desmama, foram identificadas alterações metabólicas compatíveis com os mecanismos de programação fetal.

E quanto à resistência à eimeriose?

A avaliação parasitológica (OPG) foi realizada aos 30 e 240 dias. Não foram observadas diferenças marcantes entre tratamentos quanto à carga parasitária.

Mesmo que os efeitos não tenham sido expressivos no desempenho imediato, a modulação do status mineral sugere potencial impacto na resiliência sanitária a longo prazo.

2 - Aplicação prática da suplementação materna: efeitos metabólicos e produtivos no sistema de cria

Em sistemas extensivos do Centro-Oeste, caracterizados pela variabilidade no consumo de suplementos minerais e pela possibilidade de limitações na disponibilidade de microminerais das pastagens, a aplicação estratégica de microminerais e vitaminas injetáveis durante a gestação representa uma alternativa para garantir o aporte desses nutrientes independentemente do consumo voluntário. No presente estudo, a suplementação materna não alterou o desempenho ponderal da progênie até a desmama, mas influenciou o status mineral dos bezerros, evidenciado pelo aumento das concentrações plasmáticas de cobre aos 240 dias de idade. Além disso, promoveu melhorias no escore de condição corporal e no peso corporal de vacas Brangus, sem comprometer a taxa de prenhez das matrizes.

Dessa forma, a suplementação injetável de microminerais e vitaminas pode ser considerada uma ferramenta nutricional complementar para sistemas extensivos de produção, especialmente quando o objetivo é otimizar o status mineral de vacas e bezerros. Os resultados obtidos indicam que os efeitos da suplementação foram mais evidentes sobre parâmetros metabólicos e de condição corporal do que sobre o crescimento da progênie até a desmama.

CAPÍTULO 4 - Considerações Finais

Os resultados desta dissertação reforçam a importância da nutrição materna durante a gestação como fator determinante para o desenvolvimento fetal adequado e desempenho produtivo da progênie. A revisão de literatura evidenciou que a suplementação estratégica de microminerais e vitaminas pode influenciar parâmetros metabólicos, imunológicos e reprodutivos, sendo especialmente relevante em sistemas extensivos, como os praticados no Brasil.

No experimento conduzido, a suplementação injetável com Cu e Zn isolados promoveu efeitos positivos no escore de condição corporal, peso corporal e ganho de peso em vacas Brangus, além de reflexos benéficos no desempenho dos bezerros até a desmama. Esses achados indicam que a resposta à suplementação depende de fatores como raça, exigência nutricional, formulação utilizada e momento da aplicação.

De maneira geral, esta dissertação contribui para o entendimento da suplementação injetável de microminerais e vitaminas em bovinos de corte, reforçando que a definição de estratégias nutricionais deve considerar as características raciais, o status nutricional inicial e os objetivos produtivos, além de apontar caminhos promissores para pesquisas futuras.