

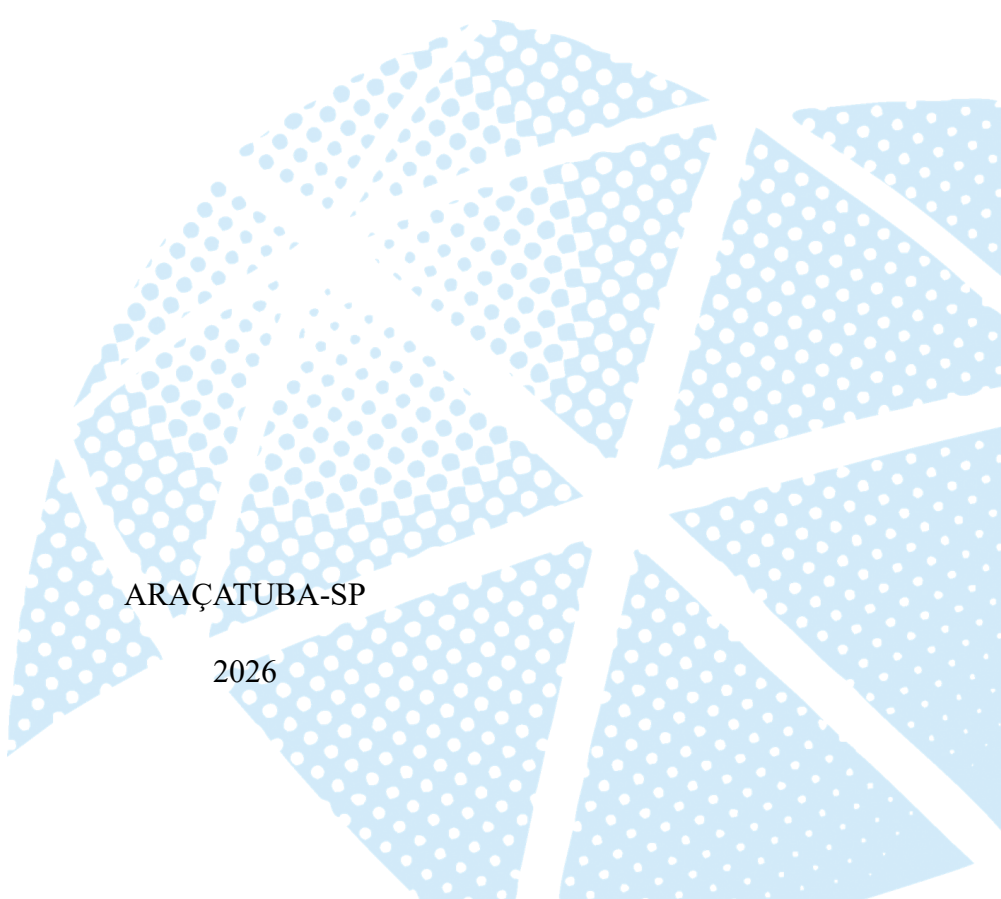
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
Faculdade de Medicina Veterinária - Câmpus de Araçatuba

JOSÉ LUIZ SEVERO DA SILVA

**EFEITO DO USO ESTRATÉGICO DA SUPLEMENTAÇÃO INJETÁVEL DE
MICROMINERAIS NOS ÍNDICES REPRODUTIVOS DE NOVILHAS NELORE NO
PRIMEIRO SERVIÇO**

ARAÇATUBA-SP

2026



JOSÉ LUIZ SEVERO DA SILVA

**EFEITO DO USO ESTRATÉGICO DA SUPLEMENTAÇÃO INJETÁVEL DE
MICROMINERAIS NOS ÍNDICES REPRODUTIVOS DE NOVILHAS NELORE NO
PRIMEIRO SERVIÇO**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Medicina Veterinária, Araçatuba, para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

Área de concentração: Medicina Veterinária Preventiva e Produção Animal.

Orientador: Prof. Dr. Guilherme de Paula Nogueira

Coorientador: Prof. Dr. Edjalma Rodrigues da Silva Junior

ARAÇATUBA-SP

2026

S586e

Silva, José Luiz Severo da

Efeito do uso estratégico da suplementação injetável de microminerais nos índices reprodutivos de novilhas nelore no primeiro serviço / José Luiz Severo da Silva. -- , 2026

36 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Medicina Veterinária, Araçatuba,

Orientador: Guilherme de Paula Nogueira

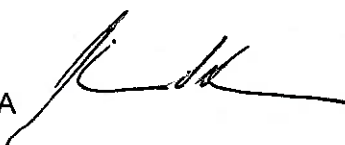
Coorientador: Edjalma Rodrigues da Silva Junior

1. Microminerais injetáveis. 2. Novilhas. 3. Precocidade. 4. IATF. I. Título.

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE JOSÉ LUIZ SEVERO DA SILVA, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL, DA FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA - CÂMPUS DE ARAÇATUBA.

Aos 20 de julho de 2026, às 9h, por meio de Videoconferência, realizou-se a defesa de DISSERTAÇÃO DE MESTRADO de JOSÉ LUIZ SEVERO DA SILVA, intitulada "EFEITO DO USO ESTRATÉGICO DA SUPLEMENTAÇÃO INJETÁVEL DE MICROMINERAIS NOS ÍNDICES REPRODUTIVOS DE NOVILHAS NELORE NO PRIMEIRO SERVIÇO". A Comissão Examinadora foi constituída pelos seguintes membros: Prof. Dr. GUILHERME DE PAULA NOGUEIRA (Orientador(a) - Participação Presencial) do(a) Departamento de Produção e Saúde Animal / UNESP / Câmpus de Araçatuba - FMVA, Prof. Dr. MARCO ANTONIO RUIZ LOPES (Participação Presencial) do(a) Departamento de Produção e Saúde Animal / UNESP / Câmpus de Araçatuba - FMVA, Profa. Dra. SANDRA HELENA GABALDI WOLF (Participação Virtual) do(a) Curso de Medicina Veterinária / Faculdades Adamantinenses Integradas - FAI, Após a exposição pelo mestrando e arguição pelos membros da Comissão Examinadora que participaram do ato, de forma presencial e/ou virtual, o discente recebeu o conceito final: APROVADO. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelo(a) Presidente(a) da Comissão Examinadora.

Prof. Dr. GUILHERME DE PAULA NOGUEIRA



*Porque o SENHOR dá a sabedoria, e da sua boca vem
o conhecimento e o entendimento.*

Provérbios 2:6

AGRADECIMENTOS

A Deus por todas as bênçãos em minha vida, iluminando minha mente e sendo meu guia em todas as decisões.

A minha esposa Sara, que foi e é minha companheira e auxiliadora, me apoiando e incentivando em todos momentos. Te amo!

Aos meus pais Luiz e Silvana, por me criarem e sempre acreditarem em mim, me ensinando o caminho correto e a importância dos estudos.

Aos meus demais familiares e amigos, que sempre me apoiaram.

À Faculdade de Medicina Veterinária de Araçatuba (FMVA-UNESP), e ao Programa de Pós-graduação em Ciência Animal.

Ao meu orientador Prof^o Dr. Guilherme de Paula Nogueira, pela oportunidade de aprendizado e apoio, não sendo somente um orientador, mas também um amigo. Muito obrigado!

Ao meu coorientador Prof^o Dr. Edjalma Rodrigues da Silva Junior, por todo apoio.

Aos colegas Dr. David Giraldo Arana, Dr. Guilherme dos Santos, Fabiano Silberschmidt Maia, Devani Mariano Pinheiro, Maria Eduarda Gemignani Maluta e Filipe Dias Rodrigues dos Santos pelo apoio na realização dos experimentos.

Aos doutores Prof. Dr. Marco Antonio Ruiz Lopes e a Prof. Dr^a Sandra Helena Gabaldi Wolf por comporem a banca examinadora.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

À Fundação de Apoio à Pesquisa, Ensino e Extensão (Funep) pela bolsa de estudos durante o segundo ano de mestrado.

Às fazendas Água Limpa (SCALA) e Rio Bonito (COLPAR) e equipes pela participação nos experimentos e pela boa receptibilidade.

À equipe da CV Reprodução e Gestão Pecuária pelo apoio nos experimentos.

À Axiota Animal Health pelo apoio na realização e divulgação dos experimentos.

RESUMO

O início do manejo reprodutivo em novilhas Nelore jovens impõe um elevado estresse fisiológico, metabólico e oxidativo decorrente das vacinações, manejos de curral e carga hormonal dos protocolos de sincronização, cenário que pode provocar sobrecarga hepática, esgotar as reservas de microminerais essenciais e comprometer a fertilidade inicial do rebanho. Com o objetivo de avaliar o efeito da suplementação injetável estratégica de microminerais sobre a taxa de concepção, taxa de prenhez, perdas gestacionais e ciclicidade em novilhas Nelore submetidas ao primeiro serviço, o presente estudo foi estruturado em dois delineamentos experimentais. No Experimento 1, avaliou-se o momento de aplicação de uma solução mineral completa (Zinco, Cobre, Manganês e Selênio): na Fazenda 1 (novilhas de 12 meses), a aplicação no D-12 do protocolo de IATF apresentou taxa de concepção no primeiro serviço de 31,9 % no grupo tratado versus 19,8 % do controle ($P = 0,008$); na Fazenda 2 (novilhas de 10 a 12 meses), a antecipação para o D-24 apresentou concepção na primeira IATF de 39,9 % no tratado vs. 36,0 % no controle ($P = 0,03$), com menores perdas gestacionais até o D100 no tratado (12,0 % vs. 15,2 %; $P = 0,01$) o que levou a maior taxa de prenhez final no grupo tratado (35,1 % vs. 30,5 %; $P = 0,03$). No Experimento 2, avaliou-se o sinergismo mineral em novilhas de 24 meses, demonstrando que apenas a solução mineral completa (Zn, Cu, Mn e Se) superou o controle na taxa de concepção (54,1 % vs. 45,2 %; $P = 0,05$), enquanto a solução parcial (apenas Zn e Cu) falhou em se diferenciar do grupo não suplementado (46,6 %; $P > 0,05$), sem diferenças observadas na ciclicidade ($P > 0,05$). Conclui-se que a suplementação injetável de microminerais pode ser uma estratégia eficaz para otimizar a fertilidade e mitigar perdas gestacionais no primeiro serviço de novilhas Nelore, demonstrando melhores resultados quando utilizado o complexo mineral integral de forma simultânea e sinérgica.

Palavras-chave: microminerais injetáveis; novilhas; precocidade; IATF.

ABSTRACT

The onset of reproductive management in young Nellore heifers imposes high physiological, metabolic, and oxidative stress resulting from vaccinations, handling, and the hormonal load of synchronization protocols. This scenario may cause hepatic overload, deplete essential trace mineral reserves, and compromise the initial fertility of the herd. To evaluate the effect of strategic injectable trace mineral supplementation on conception rate, pregnancy rate, pregnancy loss, and cyclicity in Nellore heifers submitted to their first service, the present study was structured into two experimental designs. In Experiment 1, the timing of application of a complete trace mineral solution (zinc, copper, manganese, and selenium) was evaluated. On Farm 1 (12-mo-old heifers), application on d -12 of the fixed-time artificial insemination (FTAI) protocol resulted in a first-service conception rate of 31.9% in the treated group versus 19.8% in the control group ($P = 0.008$). On Farm 2 (10- to 12-mo-old heifers), anticipating the application to d -24 yielded a conception rate at the first FTAI of 39.9% in the treated group vs. 36.0% in the control ($P = 0.03$), with lower pregnancy losses up to d 100 in the treated group (12.0% vs. 15.2%; $P = 0.01$), leading to a greater final pregnancy rate in the treated group (35.1% vs. 30.5%; $P = 0.03$). In Experiment 2, mineral synergism was evaluated in 24-mo-old heifers, demonstrating that only the complete mineral solution (Zn, Cu, Mn, and Se) outperformed the control regarding conception rate (54.1% vs. 45.2%; $P = 0.05$), whereas the partial solution (only Zn and Cu) failed to differ from the non-supplemented group (46.6%; $P > 0.05$), with no differences observed in cyclicity ($P > 0.05$). In conclusion, injectable trace mineral supplementation can be an effective strategy to optimize fertility and mitigate pregnancy losses in the first service of Nellore heifers, demonstrating better results when the complete mineral complex is used simultaneously and synergistically.

Keywords: injectable trace minerals; heifers; precocity; FTAI.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 -	Delineamento do manejo reprodutivo referente ao grupo tratado com solução injetável de microminerais na fazenda 1	17
Figura 2 -	Delineamento do manejo reprodutivo referente ao grupo tratado com solução injetável de microminerais na fazenda 2	18
Quadro 1 -	Comparação das variáveis peso vivo, altura de garupa e frequência de avaliações de Conformação, Precocidade e Musculosidade de acordo com tratamento com microminerais injetáveis	19
Figura 3 -	Índices reprodutivos de taxa de concepção em três protocolos de inseminação artificial em tempo fixo, taxa de prenhez e perda gestacional, comparados por meio do teste de regressão logística múltipla de acordo com suplementação ou não com microminerais injetáveis.....	21
Figura 4 -	Proporção de novilhas não prenhes ao decorrer da estação de monta, de acordo com o uso ou não da suplementação injetável de microminerais	22
Figura 5 -	Índices reprodutivos de taxa de concepção em protocolo de inseminação artificial em tempo fixo, perda gestacional, taxa de prenhez e ciclicidade ao DG, comparados por meio do teste de regressão logística múltipla de acordo com suplementação ou não com microminerais	25
Figura 6 -	Delineamento do manejo reprodutivo referente aos grupos tratados com solução injetável de microminerais no experimento	27
Figura 7 -	Índices reprodutivos de taxa de concepção em protocolo de inseminação artificial em tempo fixo, perda gestacional, taxa de prenhez e ciclicidade ao DG, comparados por meio do teste de regressão logística múltipla de acordo com suplementação ou não com microminerais injetáveis	30

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	PANORAMA DA PECUÁRIA E DESAFIOS EM NOVILHAS	11
1.2	ESTRATÉGIA DE SUPLEMENTAÇÃO COM MICROMINERAIS	12
2	EXPERIMENTO 1.....	15
2.1	MATERIAL E MÉTODOS	15
2.1.1	Locais de experimento.....	15
2.1.2	Delineamento experimental	15
2.1.2.1	<i>Fazenda 1</i>	15
2.1.2.2	<i>Fazenda 2</i>	17
2.1.3	Análise estatística	18
2.2	RESULTADOS.....	18
2.2.1	Resultados e discussão fazenda 1	18
2.2.2	Resultados e discussão fazenda 2	22
3	EXPERIMENTO 2.....	26
3.1	MATERIAL E MÉTODOS	26
3.1.1	Locais de experimento.....	26
3.1.2	Manejo à campo e protocolos	26
3.1.3	Análise estatística	27
3.2	RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
4	CONCLUSÃO	31
	REFERÊNCIAS	32
	ANEXO A – CERTIFICADO DO COMITÊ DE ÉTICA	36

1 INTRODUÇÃO

1.1 PANORAMA DA PECUÁRIA E DESAFIOS EM NOVILHAS

A pecuária é um setor que cresce a cada ano, trazendo consigo a necessidade de adoção de tecnologias para produção mais eficiente e sustentável. Nos sistemas de produção de gado de corte, há um aumento na seleção de fêmeas eficientes nutricionalmente e reprodutivamente, principalmente na categoria das nulíparas, que vem sendo implementada a seleção de animais mais jovens para iniciarem os serviços reprodutivos, se comparado com períodos anteriores (Baruselli *et al.*, 2023; Brunes *et al.*, 2024).

A seleção de novilhas para precocidade sexual traz benefícios para o sistema de produção, desde maior número de bezerros ao longo da vida até maior quantidade de animais por área de pastejo (Damiran *et al.*, 2018; Márton; Bene; Szabó, 2024), entretanto, a inserção de novilhas jovens nos manejos reprodutivos também traz consigo desafios. Novilhas jovens, em sobreano, possuem menor taxa de concepção e maiores perdas gestacionais após protocolos de inseminação artificial em tempo fixo (IATF) comparadas a novilhas e categorias mais velhas, como primíparas e múltiparas (Mesquita *et al.*, 2024; Prado, 2024; Sartori *et al.*, 2025), tal fato está associado a diversos fatores, mas destaca-se como imaturidade do sistema reprodutivo e estrutura corporal, já que ainda se encontram em fase de crescimento (Credille *et al.*, 2023; Nogueira, 2004), de forma que a maioria dessas novilhas estarão em anestro no início dos manejos reprodutivos, sendo necessário o uso de indução de ciclicidade. Todavia, mesmo com o uso de tecnologias como indução de ciclicidade, essas novilhas enfrentam desafios relacionados a manejos e uso de medicamentos ao iniciarem em serviços reprodutivos.

Geralmente, ao se iniciar o período de reprodução, chamado de estação de monta, é realizado o protocolo sanitário nas novilhas, utilizando-se de vacinas para doenças infecciosas e carrapaticidas, além disso, também é realizado uma série de procedimentos que estão relacionados a indução de ciclicidade e IATF, como o rompimento do hímen no uso de dispositivo intravaginal e aplicação de hormônios para estímulo do sistema reprodutivo e sincronização de ondas foliculares (Monteiro *et al.*, 2023). O estresse fisiológico causado durante o manejo e uso de medicamentos provocam sobrecarga hepática e esgotam reservas de nutrientes importantes para saúde e reprodução dos animais, sendo alguns desses nutrientes os microminerais, entre eles o Zinco (Zn), Cobre (Cu), Manganês (Mn) e Selênio (Se),

importantes nos mecanismos de produção de antioxidantes e hormônios (Vedovatto *et al.*, 2019).

Nos mamíferos, microminerais como o Zinco e Manganês possuem papel fundamental no desenvolvimento púbere, participando nas vias de secreção do hormônio liberador de gonadotrofinas (GnRH) e hormônio luteinizante (LH) (Ferraz *et al.*, 2023; Lee *et al.*, 2007), além de estar relacionado a disponibilidade e afetar vias de sinalização hormonal pós receptores de membrana do fator de crescimento semelhante a insulina tipo 1 (IGF-1) (Peng *et al.*, 2021; Roth; Kirchgessner, 1994), que é diretamente relacionado ao processo de puberdade (Dees; Hiney; Srivastava, 2021).

Considerando esse momento desafiador e a busca pela maior eficiência reprodutiva, é necessário a suplementação dos minerais, conforme as exigências para categoria e idade (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 2016), de forma que as novilhas possam expressar seu potencial genético e reprodutivo.

1.2 ESTRATÉGIA DE SUPLEMENTAÇÃO COM MICROMINERAIS

A maior demanda das reservas hepáticas de microminerais no início dos manejos reprodutivos podem levar a deficiência dos mesmos, ocasionando sinais clínicos e subclínicos, tais como baixa imunidade, infertilidade e baixo crescimento (Larson, 2005; Roth; Kirchgessner, 1994). O sistema reprodutivo em especial é afetado, pois é dependente da homeostasia do organismo como um todo (Bruinjé; LeBlanc, 2025; Khan *et al.*, 2023; Stefanello *et al.*, 2024), principalmente em novilhas, onde há uma complexa interação hormonal no desenvolvimento reprodutivo (Fantuz *et al.*, 2024; Sales *et al.*, 2011), com os microminerais, assim como em outras espécies, participando na síntese e ligação desses hormônios aos seus receptores (Roth; Kirchgessner, 1994; Wang *et al.*, 2011, 2012).

Considerando a demanda do organismo pelos microminerais, estratégias de suplementação oral são amplamente utilizadas nas fazendas, geralmente oferecida em cochos distribuídos nos piquetes onde se encontram os animais. Apesar do método de suplementação oral ser amplamente difundido, tal método encontra barreiras que prejudicam a suplementação adequada e uniforme de microminerais no rebanho, como a diferença no consumo de acordo com a sazonalidade, sendo maior nas épocas de chuva que na seca, e também de acordo com regiões geográficas, em que locais com águas salobras e salinas é limitado o consumo de sal

mineral, a exemplo do bioma pantanal. Fatores de manejo na suplementação também causam impacto no consumo do rebanho, seja pela frequência de fornecimento, localização dos cochos, tamanho de cocho ou palatabilidade.

O consumo do sal mineral também pode ser variado a depender de raça, conforme descrito por Ranches *et al.* (2021a), que relata um maior consumo da raça Brahman que a Angus, entretanto, mesmo com maior consumo da raça zebuína, a frequência de idas ao cocho ainda é baixa, com menos de 4 idas ao cocho por semana. Outro estudo realizado por (Ranches *et al.*, 2021b) houve uma variabilidade individual nos *status* de Cu de novilhas criadas em um mesmo rebanho, no qual foi observado que mais de 50% das novilhas tinham reserva hepática de Cu abaixo do limite exigido (40 ug/g), sendo consideradas deficientes para esse micromineral.

Interações dos microminerais com antagonistas presentes no rúmen é outro fator que dificulta a suplementação adequada em bovinos, a exemplo da junção do dimolibidato com o Cu, formando a molécula dimolibidato de cobre, que não é absorvido no intestino, outro antagonista é o ferro, que ao interagir com o enxofre e Cu também forma um complexo que indisponibiliza a absorção (Gould; Kendall, 2011).

Tais desafios podem levar a deficiência na suplementação uniforme dos microminerais, que podem levar a diversas outras desordens que também causam infertilidade, desde maior susceptibilidade a processos infecciosos, a retardos no crescimento, anormalidades ósseas e estresse oxidativo (Swecker Junior, 2023; Swecker Junior; Saun, 2023).

Deste modo, faz-se necessário criar formas adicionais e alternativas de suplementação dos microminerais, sendo a injetável uma opção potencial, pois promove a suplementação uniforme do rebanho, com os microminerais absorvidos por via subcutânea, passando pela circulação portal e sendo diretamente armazenados no fígado, evitando processos antagonistas presentes no rúmen. Ao fazer a aplicação injetável dos microminerais, estudos demonstram que os níveis séricos de Zn, Cu e Se se encontram elevados por até duas semanas e o pico após aplicação de Zn, Mn e Se são observados entre 8 a 10 horas após a aplicação, entretanto, a concentração hepática dos microminerais armazenados varia em função do *status* prévio (Pogge *et al.*, 2012; Teixeira *et al.*, 2014; Vedovatto *et al.*, 2021).

Estudos anteriores que avaliaram a suplementação injetável de microminerais em bovinos demonstraram que essa estratégia possibilita em média 90 dias a concentração

hepática adequada dos microminerais, com duração de 15 dias para o Mn, 79 dias para o Zn, 100 dias para o Cu e 177 dias para o Se (Arthington *et al.*, 2014; Niedermayer *et al.*, 2017; Pogge *et al.*, 2012). Todavia, vale ressaltar que a suplementação injetável não substitui a convencional, que fornece outros minerais necessários além dos micros.

Pensando em estratégias que garantam os *status* mínimos de microminerais em novilhas jovens no início de serviços reprodutivos, este trabalho tem como objetivo avaliar o efeito da suplementação injetável e estratégica dos microminerais (Zn, Cu, Mn e Se) comparado a suplementação apenas oral na fertilidade, ciclicidade e índices de perdas gestacionais de novilhas Nelore selecionadas para precocidade mantidas em sistema semi-intensivo. A hipótese a ser testada é de que a suplementação injetável de microminerais promove melhora nos índices reprodutivos de taxa de concepção, taxa de prenhez, ciclicidade e perdas gestacionais por possivelmente suprir de forma mais rápida que a oral a necessidade de microminerais pelo organismo em momentos de maior demanda, reduzindo efeitos negativos provenientes de possíveis carências.

2 EXPERIMENTO 1

2.1 MATERIAL E MÉTODOS

Todos os procedimentos experimentais realizados foram aprovados pelo Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Estadual Paulista (UNESP) da Faculdade de Odontologia, Campus de Araçatuba, processo nº 553-2024 (Anexo A).

2.1.1 Locais de experimento

O manejo das novilhas foi realizado em fazendas parceiras, “Água Limpa” e “Rio Bonito”, respectivamente localizadas nos municípios de Rinópolis SP (-21.617273, -50.732130) e Paraíso das Águas MS (-19.240080, -52.963919), as quais tem como sistema de criação semi-intensivo e compõem programas de melhoramento genético, cujo um dos objetivos é a seleção de novilhas mais precoces. O experimento foi dividido em duas etapas, sendo a primeira etapa realizada entre o início do mês de outubro de 2024 a fevereiro de 2025 na fazenda “Água Limpa” (fazenda 1), e a segunda entre o início do mês de setembro de 2025 à janeiro de 2026 na fazenda “Rio Bonito” (fazenda 2), períodos comumente chamados de “estação de monta”.

2.1.2 Delineamento experimental

2.1.2.1 Fazenda 1

Na primeira etapa foram avaliadas 224 novilhas Nelore com idade média de 12 meses e peso vivo médio de $267 \pm 22,1$ kg, mantidas em piquetes com pastagem *Brachiaria brizantha* e suplementadas com dieta proteico-energética (0,5% PV/animal/dia; 25% PB e 64% NDT), além de núcleo mineral comercial (Núcleo Campo BI; Premix®). Foi considerado o D0 dos protocolos o dia da sincronização, com inserção do dispositivo de progesterona (figura 1).

No D-12 as novilhas foram alocadas aleatoriamente, alternando de dez em dez e dividindo em dois grupos: Tratado (n = 113), que recebeu 1 mL/75 kg de peso vivo da solução

de microminerais (74,68 mg/mL, Zn-óxido, 26,09 mg/mL Cu-carbonato, 20,92 mg/mL Mn-carbonato e 10,95 mg/mL Se-selenito sódico; Multimin[®] 90) por via subcutânea, e Controle (n = 111), sem suplementação injetável de microminerais.

Em ambos os grupos foram feita a indução de ciclicidade (IC) e receberam 150 mg de progesterona injetável (P4i) e 50 mg endectocida à base de doramectina 1% (Dectomax[®]) no D-12. No D0, foi inserido um dispositivo intravaginal contendo 0,5 g de progesterona e administrado 1,5 mg de benzoato de estradiol (BE).

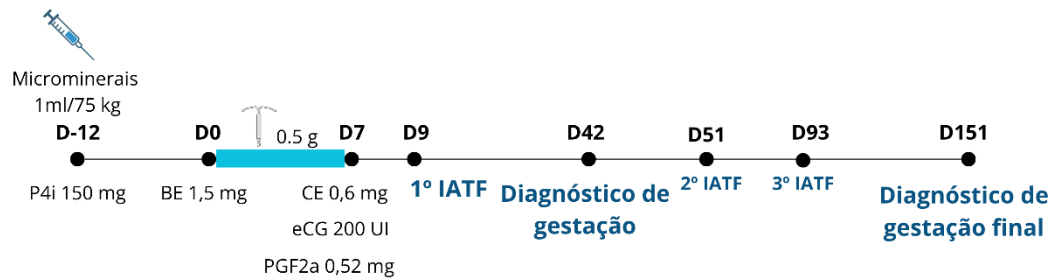
Também foram realizadas no D0: aplicação de vacina reprodutiva (CattleMaster[®]), pesagem, aferição da altura da garupa e avaliação de conformação, precocidade e musculosidade (CPM), onde para precocidade foi avaliada de forma visual a capacidade de deposição de gordura e arqueamento de costela. A avaliação de CPM foi feita a fim de verificar se havia distribuição igual entre os grupos de tratamento, considerando as frequências de notas baixas (1 e 2), média (3) e alta (4-5).

No D7, o dispositivo foi removido e administrado 0,6 mg de cipionato de estradiol (CE), 0,52 mg de Cloprostenol sódico (PGF2a) e 200 UI de gonadotrofina coriônica equina (eCG). A IATF foi realizada no D9, 48 horas após remoção do dispositivo intravaginal, feita por dois inseminadores com uso de sêmen congelado de 10 touros diferentes, utilizados individualmente de forma aleatória.

No D42 foi realizado o diagnóstico de gestação (DG) por ultrassonografia, com uso de transdutor linear retal, ajustado na frequência de 6 MHz. No D42 também foi realizada a ressincronização nas novilhas com DG negativo, realizando o mesmo manejo e protocolo hormonal feito a partir do D0, com DG feito trinta e três dias após. Foram realizadas um total de 2 ressincronizações, no D51 e D93 respectivamente, com uso do mesmo protocolo hormonal.

No D151 foi realizado o diagnóstico de gestação final, verificando as novilhas que ainda continuaram prenhes e as que tiveram perdas gestacionais.

Figura 1 - Delineamento do manejo reprodutivo referente ao grupo tratado com solução injetável de microminerais na fazenda 1.



Fonte: Elaborada pelo autor.

2.1.2.2. Fazenda 2

Na segunda etapa foram avaliadas 703 novilhas Nelore com idade entre 10 a 12 meses e peso vivo médio de $278 \pm 9,72$ kg, mantidas em piquetes com pastagem *Brachiaria brizantha* e suplementadas com dieta proteico-energética (5% do peso vivo/dia; 82% DDG e 12% ureia), com 6% de núcleo mineral (Núcleo 100; Bellman®). Foi considerado o D0 dos protocolos o dia da sincronização, com inserção do dispositivo de progesterona.

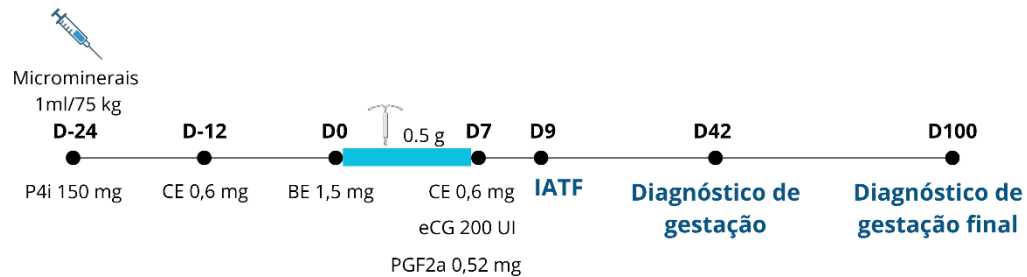
No D-24 foram selecionadas novilhas pré-púberes, com auxílio de ultrassonografia, determinadas pelas novilhas que não possuíam corpo lúteo (CL). Elas foram alocadas aleatoriamente em dois grupos: Tratado (n = 356), que recebeu 1 mL/75 kg de peso vivo da solução de microminerais (74,68 mg/mL, Zn-óxido, 26,09 mg/mL Cu-carbonato, 20,92 mg/mL Mn-carbonato e 10,95 mg/mL Se-selenito sódico; Multimin® 90) por via subcutânea, e Controle (n = 347), sem suplementação injetável de microminerais.

A IC foi iniciada no D-24, com uso de 150 mg de P4i, sendo feita também a aplicação de 0,6 mg de CE e 50 mg endectocida à base de doramectina 1% (Dectomax®) no D-12. No D0, foi inserido um dispositivo intravaginal contendo 0,5 g de progesterona e administrado 1,5 mg de BE. Também foram realizadas: aplicação de vacina reprodutiva (CattleMaster®) e pesagem. No D7, o dispositivo foi removido e administrado 0,6 mg de CE, 0,52 mg de Cloprostenol sódico e 200 UI de eCG (figura 2).

A IATF foi realizada no D9, 48 horas após remoção do dispositivo intravaginal, por dois inseminadores, com uso de sêmen congelado de 5 touros diferentes, conforme acasalamento estabelecido pela fazenda. No D42 também foi realizado o DG com aparelho de mesma marca e com as mesmas configurações da primeira etapa, onde foi verificada a prenhez e adicionalmente foi verificada a ciclicidade, pela presença ou não de CL nos ovários.

Após 58 dias (D100) foi realizado o diagnóstico de gestação final, verificando as novilhas que ainda continuaram prenhes e as que tiveram perdas gestacionais.

Figura 2 - Delineamento do manejo reprodutivo referente ao grupo tratado com solução injetável de microminerais na fazenda 2.



Fonte: Elaborada pelo autor.

2.1.3 Análise estatística

A normalidade das variáveis contínuas de idade, peso vivo e altura foram avaliadas pelo teste de Shapiro-Wilk, onde variáveis apresentaram distribuição normal e foram analisadas por meio do teste *t* de Student. Para as variáveis categóricas, foram estimados os efeitos sobre a taxa de prenhez, ciclicidade e perdas gestacionais por ajuste no modelo de regressão logística múltipla com efeitos fixos para cio, partida de sêmen e inseminador, e inclusão de idade, altura de garupa e peso corporal como covariáveis. As análises foram realizadas por meio do software Jamovi® versão 2.5.6. Foi considerado valores menores ou iguais a 5% como nível de significância, e tendência para valores de 5,1% a 10% de significância.

2.2 RESULTADOS

2.2.1 Resultados e discussão fazenda 1

As frequências de notas baixas (1 e 2), média (3) e alta (4-5) para CPM foram estatisticamente iguais em ambos os grupos de tratamento ($P > 0,05$), demonstrando uma boa randomização dos grupos em relação a essas características.

A distribuição uniforme entre os grupos de tratamento também pode ser observada ao comparar as médias de peso e altura de garupa, onde também não houve diferença estatística ($P > 0,05$) entre as novilhas que foram suplementadas com o micromineral injetável (266 ± 2 kg e $129 \pm 0,3$ cm) em relação as não suplementadas ($267 \pm 2,1$ kg e $130 \pm 0,3$ cm; Quadro 1).

Quadro 1 - Comparação das variáveis peso vivo, altura de garupa pelo teste t de Student e frequência de avaliações de conformação, precocidade e musculosidade pelo teste de regressão logística múltipla, de acordo com tratamento com microminerais injetáveis.

Grupo		Tratamento	Controle	P-valor
Conformação	Baixa	18,6% (21/113)	17,1% (19/111)	$>0,05$
	Média	45,1% (51/113)	44,1% (49/111)	$>0,05$
	Alta	36,3% (41/113)	38,8% (43/111)	$>0,05$
Precocidade	Baixa	17,7% (20/113)	19,8% (22/111)	$>0,05$
	Média	43,4% (49/113)	42,3% (47/111)	$>0,05$
	Alta	38,9% (44/113)	37,8% (42/111)	$>0,05$
Musculosidade	Baixa	20,4% (23/113)	22,5% (25/111)	$>0,05$
	Média	44,2% (50/113)	43,2% (48/111)	$>0,05$
	Alta	35,4% (40/113)	34,2% ()	$>0,05$
Peso vivo		266 ± 2	$267 \pm 2,1$	$>0,05$
Altura de garupa		$129 \pm 0,3$	$130 \pm 0,3$	$>0,05$

Fonte: Elaborado pelo autor.

Legenda: *Significância para p-valor $\leq 0,05$

Ao comparar a taxa de concepção na primeira IATF, foi constatada diferença significativa entre os grupos ($P = 0,008$), tendo o grupo tratado concepção maior que o controle (31,9%; 36/113 vs. 19,8% 22/111. Figura 3). A segunda IATF (primeira ressincronização), restaram 77 novilhas para o grupo tratado e 89 para o controle, onde apresentou proporção maior na concepção para o grupo tratado (42,9%; 33/77 vs. 34,8%; 31/89), mas sem diferença significativa ($P > 0,05$). A terceira IATF (segunda ressincronização) restaram 44 novilhas no grupo tratado e 57 no controle, e por sua vez também apresentou maior proporção de novilhas prenhes, mas assim como na segunda IATF (36,3%; 16/44 vs. 31,6%; 18/57), mas não apresentou diferença estatisticamente significativa ($P > 0,05$). As perdas gestacionais foram iguais estatisticamente entre os dois grupos ($P > 0,05$; tratado 7%; 6/85 vs. Controle 8,4%; 6/71. Figura 3).

A taxa de prenhez final se manteve proporcionalmente maior no grupo tratado (69,9%; 79/113) comparado ao controle (58,5%; 65/111) após as perdas gestacionais, mas não foi relatada diferença significativa na comparação ($P > 0,05$. Figura 3).

O aumento significativo na taxa de concepção na primeira IATF (31,9% no grupo tratado vs. 19,8% no controle; $P = 0,008$) sugere a eficácia da suplementação estratégica em um período crítico do manejo reprodutivo. Sabe-se que novilhas sofrem alta demanda metabólica e estresse oxidativo severo decorrentes da imaturidade corporal no primeiro manejo reprodutivo, do manejo de curral e da carga hormonal dos protocolos de sincronização (Credille *et al.*, 2023; Vedovatto *et al.*, 2019), o que reforça a importância da suplementação dos microminerais injetáveis como terapia de suporte para minimizar efeitos prejudiciais ao desempenho reprodutivo.

Neste cenário, a rápida disponibilização hepática e sistêmica de microminerais por via injetável atua de forma a mitigar efeitos prejudiciais à fertilidade do lote de novilhas inerentes a possível falta de microminerais no organismo decorrentes da maior demanda. A hipótese para a melhor fertilidade é que a suplementação uniforme do lote provavelmente permitiu que o Se e o Zn desempenhem adequadamente seu papel junto as enzimas antioxidantes (como a glutathione peroxidase e a superóxido dismutase), refletindo em maior fertilidade (Swecker Junior; Saun, 2023; Vedovatto *et al.*, 2019). Da mesma forma, sugere-se que o Mn e o Cu puderam exercer de forma plena, sem prejuízos decorrentes de carência, seu papel como precursores do colesterol e enzimas antioxidantes, que atuam de forma direta e indireta na síntese de esteroides (como a progesterona e o estradiol), o que justifica a superioridade de concepção no primeiro serviço (Roth; Kirchgessner, 1994; Wang *et al.*, 2011, 2012).

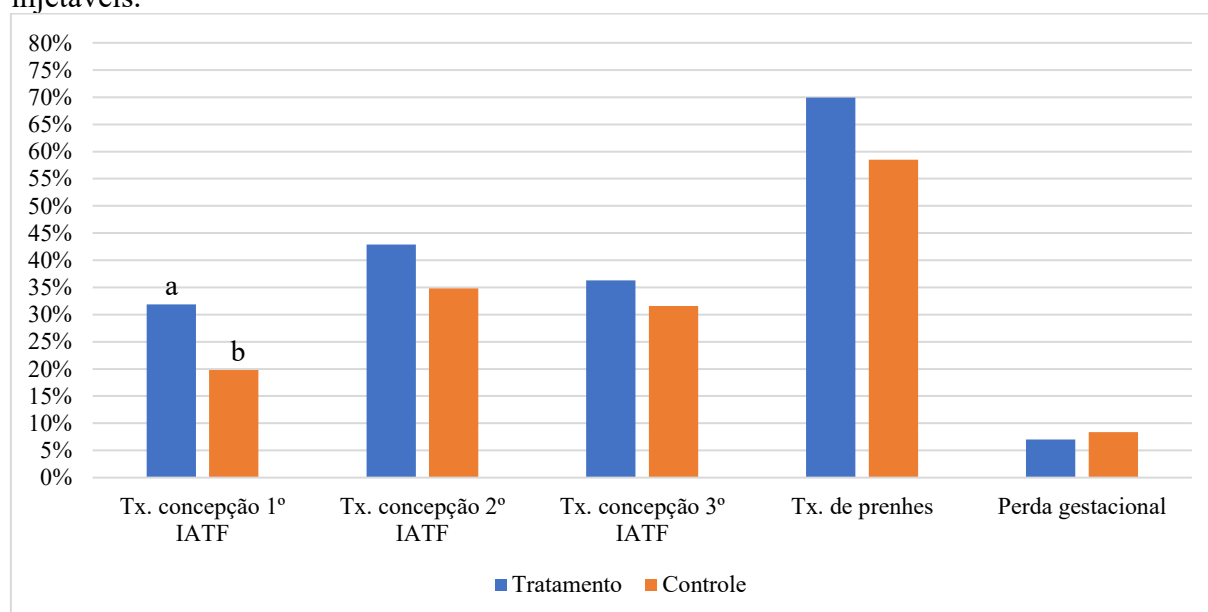
Embora as taxas de concepção na segunda e terceira IATF tenham se mantido numericamente superiores para o grupo tratado (42,9% e 34,8%, respectivamente), a ausência de diferença estatística ($P > 0,05$). Toda via, vale ressaltar a diminuição do número amostral ao decorrer da estação de monta, por diminuir a quantidade de novilhas não prenhes a cada protocolo, o que pode inferir diretamente na constatação de diferenças estatísticas.

Tais resultados corroboram com a dinâmica de metabolização e armazenamento hepático dos microminerais observada em outros estudos (Pogge *et al.*, 2012). O pico de reserva e a duração dos níveis ideais variam amplamente entre os elementos estruturais da solução, com o Mn apresentando a depuração mais rápida, com concentrações hepáticas retornando aos níveis basais por volta do 15º dia pós-aplicação, enquanto o Zn apresenta um efeito residual intermediário de aproximadamente 70 dias, e o Cu e o Se mantêm o status hepático elevado por períodos prolongados, que podem se estender de 90 a mais de 150 dias (Arthington *et al.*, 2014; Niedermayer *et al.*, 2017; Pogge *et al.*, 2012).

Como as ressincronizações ocorreram nos D51 e D93, é plausível inferir que o pico plasmático e hepático dos minerais injetáveis como um todo era menor, fazendo com que as fêmeas dos grupos tratado e controle voltassem a depender primariamente da suplementação oral para suprir suas demandas diárias. Além disso, os desafios relativos à fertilidade das novilhas que não emprenharam após a primeira IATF possivelmente foram menores, visto que estavam mais velhas, já haviam sido expostas a protocolos hormonais e já havia passado o período crítico de maior demanda de microminerais.

A ausência de diferença estatística nas perdas gestacionais (7% vs. 8,4%; $P > 0,05$) sugere que, para este lote e condição específicos (aplicação no D-12), a injeção proporcionou melhores índices no estabelecimento da prenhez inicial, mas o desafio fisiológico de manter a gestação em novilhas precoces ainda depende de fatores multifatoriais continuados, como nutrição pós-IATF e *status* sanitário. Contudo, vale ressaltar que a taxa de prenhez final alcançou um distanciamento biológico (69,9% no tratado vs. 58,5% no controle), sendo que essa diferença de 11,4 pontos percentuais a favor do grupo tratado, mesmo não atingindo significância estatística (provavelmente devido à redução do poder da amostra (n) ao longo das rodadas de IATF), possui impacto zootécnico.

Figura 3 - Índices reprodutivos de taxa de concepção em três protocolos de inseminação artificial em tempo fixo, taxa de prenhez e perda gestacional, comparados por meio do teste de regressão logística múltipla de acordo com suplementação ou não com microminerais injetáveis.



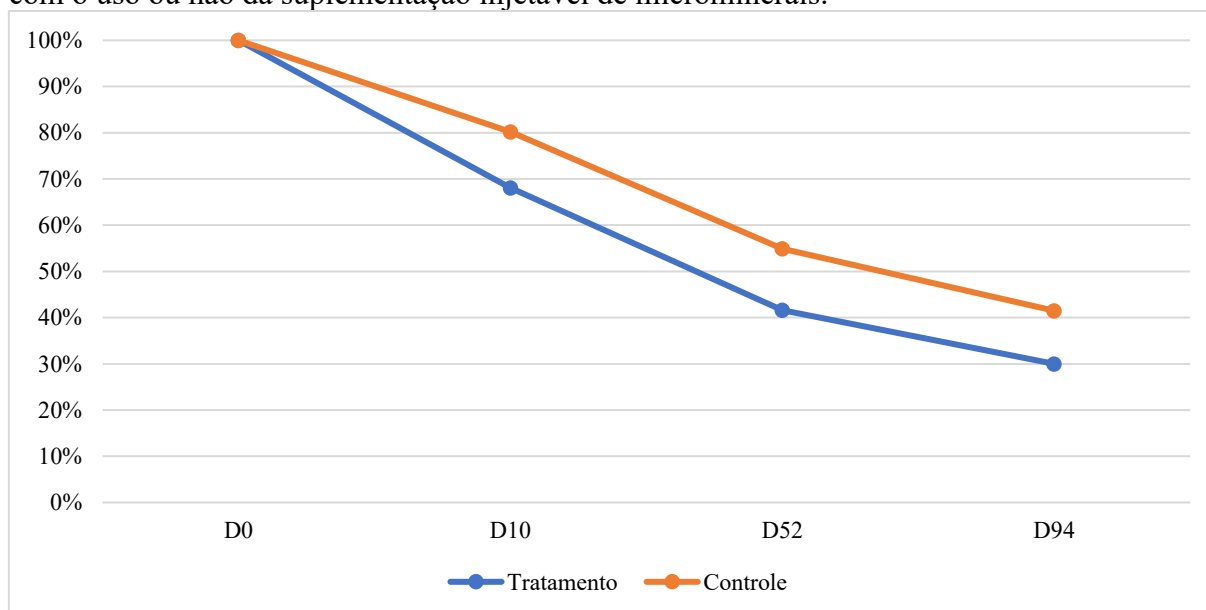
Fonte: Elaborada pelo autor.

Legenda: *Tratamento: 74,68 mg/mL, Zn-óxido; 26,09 mg/mL Cu-carbonato; 20,92 mg/mL Mn-carbonato e 10,95 mg/mL Se-selenito sódico. *Significância para p -valor $\leq 0,05$.

A maior taxa de concepção no grupo tratado proporcionou menor número de novilhas não prenhes ao longo da estação de monta, com a divergência entre os grupos podendo ser observada de forma mais expressiva a partir do primeiro serviço (Figura 4).

A antecipação da prenhez e menor número de novilhas a serem ressincronizadas se traduz em resultados diretos para o fluxo de caixa da fazenda. A divergência significativa observada logo no primeiro serviço promove a otimização dos custos com ressincronização, reduzindo gastos com hormônios, mão de obra e sêmen. Além da mitigação de despesas operacionais, a maior quantidade de novilhas emprenhando no início da estação de monta resulta na produção de uma safra de "bezerros do cedo", estes bezerros nascerão em condições climáticas mais favoráveis, possivelmente terão maior peso à desmama e retornarão capital ao sistema de forma muito mais eficiente (Baruselli *et al.*, 2023; Damiran *et al.*, 2018; Wolter; Carneiro Junior, 2015).

Figura 4 - Proporção de novilhas não prenhes ao decorrer da estação de monta, de acordo com o uso ou não da suplementação injetável de microminerais.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Legenda: *Tratamento: 74,68 mg/mL, Zn-óxido; 26,09 mg/mL Cu-carbonato; 20,92 mg/mL Mn-carbonato e 10,95 mg/mL Se-selenito sódico.

2.2.2 Resultados e discussão fazenda 2

Ao comparar a concepção foi observada maior taxa no grupo tratado comparado ao controle ($P = 0,03$; 39,9%- 142/356 vs. 36%; 125/347; Figura 5). O modelo de regressão

logística indicou que as novilhas tratadas apresentaram 1,63 vezes mais chances de estarem prenhes no DG (OR = 1,63; IC 95%: 1,05-2,55). Esse incremento na fertilidade inicial sugere o impacto benéfico do momento estratégico da aplicação da solução injetável (D-24), a qual proporcionou uma janela de 33 dias até a inseminação (D9) para a restauração dos estoques hepáticos e saturação de sistemas enzimáticos dependentes de Zn, Cu e Mn.

Segundo Vedovatto *et al.* (2019), o aporte precoce de Se e Zn pode maximizar a capacidade antioxidante do organismo, mitigando o estresse fisiológico e hepático causado pelos manejos iniciais da estação de monta e favorecendo o estabelecimento da gestação nesta categoria.

O índice de perdas gestacionais até o D100 foi favorável ao grupo tratado, com menor perda gestacional ($P = 0,01$) no tratado (12%; 17/142) que o grupo controle (15,2%; 19/125; Figura 5). Na análise de regressão logística houve uma redução de 86% nas chances de perdas gestacionais até o D100 com a aplicação dos microminerais injetáveis (OR = 0,14; IC 95%: 0,03-0,56). A hipótese para essa mitigação acentuada das perdas gestacionais é pela relevância do aporte estratégico de Se e Zn na manutenção da gestação inicial em novilhas Nelore. O Se, como constituinte essencial da enzima antioxidante glutathione peroxidase, pode ter atuado diretamente no microambiente uterino e placentário, neutralizando os radicais livres e protegendo o conceito contra o estresse oxidativo deletério durante as fases críticas de reconhecimento materno da gestação e fixação do embrião (Pine *et al.*, 2005; Vedovatto *et al.*, 2019).

Concomitantemente, o Zn e o Mn, que desempenham papel coenzimático crucial na esteroidogênese pelas células luteais, pode ter exercido de forma plena seu papel, sem prejuízos decorrentes de carências no momento de grande demanda, estimulando a funcionalidade e a robustez estrutural do corpo lúteo, o que pode ter assegurado uma secreção contínua e adequada de progesterona, hormônio indispensável para a viabilidade embrionária e o suporte gestacional de longo prazo, justificando o possível efeito protetor evidenciado pelo modelo logístico.

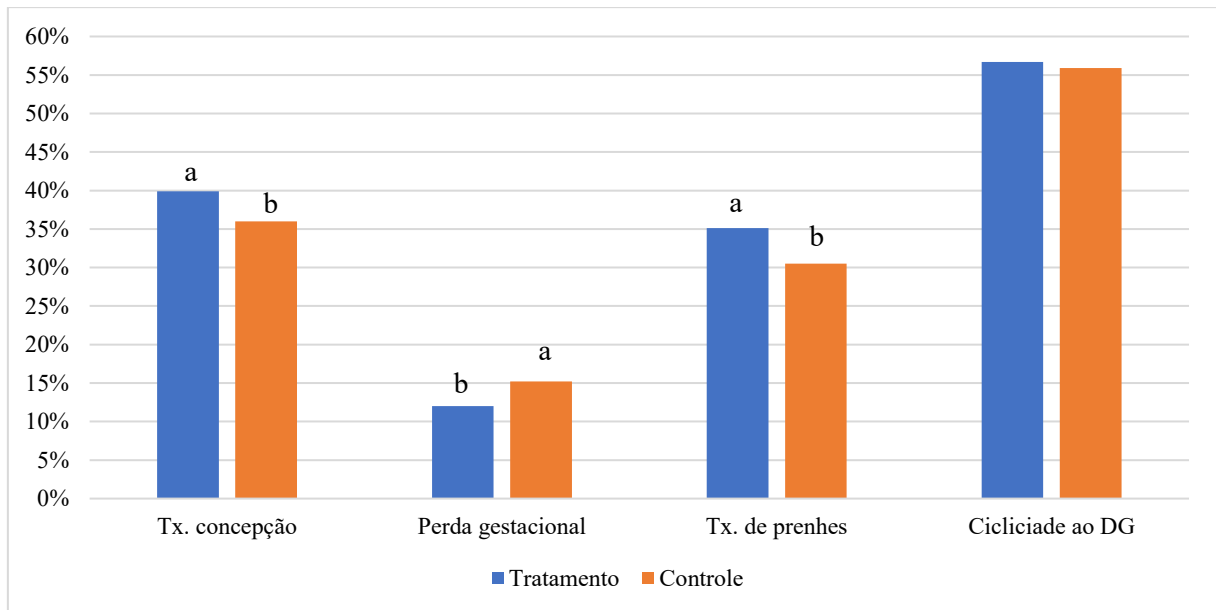
A taxa de prenhez final manteve a diferença significativa da taxa de concepção após as perdas gestacionais ($P = 0,03$), com o grupo tratado apresentando (35,1%; 125/356) e o controle (30,5%; 106/347; Figura 5). A manutenção dessa vantagem estatística até o D100 demonstra a viabilidade prática e o impacto bioeconômico da suplementação injetável de microminerais, evidenciando que o incremento inicial obtido na IATF se traduziu, de forma

efetiva, em um maior número de animais gestantes estabelecidos de maneira definitiva no rebanho.

Esse resultado é de grande relevância para sistemas de produção de cria, pois o aumento na taxa de prenhez final nesta categoria assegura uma maior proporção de partos concentrados no início da estação subsequente, culminando na produção de 'bezerros do cedo', que historicamente apresentam melhor desempenho ponderal e maior peso à desmama devido ao melhor aproveitamento das pastagens no período das águas (Baruselli *et al.*, 2023; Damiran *et al.*, 2018; Wolter; Carneiro Junior, 2015).

A ciclicidade no DG pela presença de CL não apresentou diferença significativa na comparação entre o grupo tratado e o controle, mas demonstrou tendência a ser maior ($P = 0,07$) no grupo tratado (56,7%; 202/356 vs. 55,9%; 194/347; Figura 5). Essa tendência sinaliza que o aporte injetável de microminerais pode ter exercido um efeito estimulador residual sobre a atividade ovariana luteal, mesmo naquelas fêmeas que falharam em conceber no primeiro serviço. Do ponto de vista fisiológico, a hipótese levantada é de que os elementos como o Zn e o Mn podem ter potencializado a sinalização local de fatores de crescimento essenciais, como o IGF-1, que regulam o desenvolvimento folicular e a esteroidogênese ovariana (Wang *et al.*, 2011).

Figura 5 - Índices reprodutivos de taxa de concepção em protocolo de inseminação artificial em tempo fixo, perda gestacional, taxa de prenhez e ciclicidade ao DG, comparados por meio do teste de regressão logística múltipla de acordo com suplementação ou não com microminerais.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Legenda: *Tratamento: 74,68 mg/mL, Zn-óxido; 26,09 mg/mL Cu-carbonato; 20,92 mg/mL Mn-carbonato e 10,95 mg/mL Se-selenito sódico. *Significância para p-valor $\leq 0,05$.

3 EXPERIMENTO 2

3.1 MATERIAL E MÉTODOS

Todos os procedimentos experimentais realizados foram aprovados pelo Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Estadual Paulista (UNESP) da Faculdade de Odontologia, Campus de Araçatuba, processo nº 553-2024 (Anexo A).

3.1.1 Locais de experimento

O manejo das novilhas foi realizado na fazenda “Rio Bonito”, respectivamente localizadas nos municípios de Paraíso das Águas MS (-19.240080, -52.963919). O experimento foi realizado entre os meses de novembro de 2025 à abril de 2026 na fazenda “Rio Bonito”, período comumente chamados de “estação de monta”.

3.1.2 Manejo à campo e protocolos

O experimento contou com 438 novilhas adquiridas pela fazenda por meio de compra, elas possuíam aproximadamente 24 meses de idade, peso médio de $307 \pm 24,6$ kg e *score* de condição corporal (ECC) de $3 \pm 0,5$. Elas foram mantidas em piquetes com pastagem de *Urochloa brizantha* e foram suplementadas com dieta proteico-energética (2,5% PV/dia; 82% DDG, 12% ureia e 6% Núcleo 100; Bellman®).

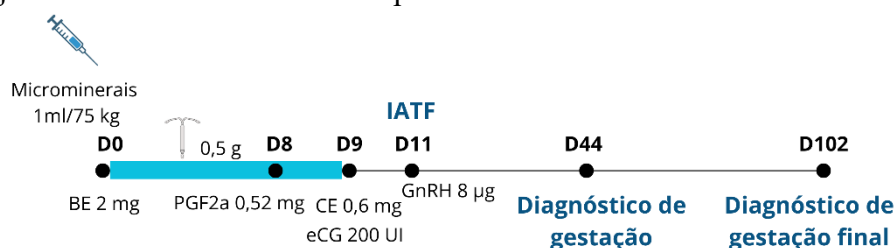
No D0 da IATF, as novilhas foram divididas em três grupos de forma aleatória e alternada dentro de cada lote de manejo, até que se esgotassem os insumos disponíveis no estoque da fazenda. Os grupos foram compostos por dois tratamentos com compostos comerciais de microminerais e um controle, sendo o tratamento 1 (n=96; Multimin® 90: 74,68 mg/mL, Zn-óxido, 26,09 mg/mL Cu-carbonato, 20,92 mg/mL Mn-carbonato e 10,95 mg/mL Se-selenito sódico); tratamento 2 (n=227; Suplenut®: 50 mg/mL Zn-edetato dissódico e 15 mg/mL Cu-edetato dissódico) e controle (n=115; sem minerais). Em todos os tratamentos aplicou-se 1 mL/75 kg de peso vivo da solução por via subcutânea (Figura 6).

Também no D0 foi realizada pesagem e inserido dispositivo intravaginal com 0,5 g de progesterona (ReproOne®) e 2 mg de BE. No D8 administrou-se 0,52 mg de cloprostenol

sódico; no D9 removeu-se o dispositivo e aplicou-se 0,6 mg de CE e 200 UI de eCG. A IATF foi feita no D11, 48 horas após a retirada do dispositivo intravaginal, juntamente com aplicação de 8 µg de GnRH; foram utilizados sêmen de dois touros nos cruzamentos, usados de forma aleatória.

Após trinta e três dias (D44) foi realizado o diagnóstico de gestação (DG) por ultrassonografia, utilizando o aparelho Mindray® DP-2200 no modo b, com uso de transdutor linear retal, ajustado na frequência de 6 MHz. Após 58 dias (D102) foi realizado o diagnóstico de gestação final, verificando as novilhas que ainda continuaram prenhes e as que tiveram perdas gestacionais.

Figura 6 - Delineamento do manejo reprodutivo referente aos grupos tratados com solução injetável de microminerais no experimento 2.



Fonte: Elaborada pelo autor.

3.1.3 Análise estatística

Para análise das variáveis categóricas foram estimados os efeitos sobre a taxa de prenhez, ciclicidade e perdas gestacionais por ajuste no modelo de regressão logística múltipla com efeitos fixos para expressão do estro, escore de condição corporal (ECC), partida de sêmen e inseminador, e inclusão de idade, altura de garupa e peso corporal como covariáveis. As análises foram realizadas por meio do software Jamovi® 2.5.6. Foi considerado valores menores ou iguais a 5% como nível de significância.

3.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao realizar o DG das novilhas, foi observada uma taxa de concepção foi maior ($P = 0,05$) no tratamento 1 (54,1%; 52/96) comparado ao tratamento 2 (46,6%; 106/227) e controle (45,2%; 52/115), não havendo diferença significativa entre o tratamento 2 e controle

($P > 0,05$; Figura 7). Essa divergência nos índices de fertilidade inicial realça o impacto do sinergismo biológico proporcionado pela formulação do tratamento 1 (Zinco, Cobre, Manganês e Selênio), demonstrando que a suplementação mineral parcial oferecida pelo tratamento 2 (apenas Zinco e Cobre) foi insuficiente para sobrepujar o grupo controle sob as condições deste estudo.

Do ponto de vista fisiológico e endócrino, a superioridade do tratamento 1 pode ser atribuída à suplementação estratégica do Mn e do Se, elementos essenciais que atuam em sinergia com o Zn e o Cu nos processos hormonais e reprodutivo, sendo eles importantes em momentos de maior demanda. Segundo autores, o Se pode desempenhar um papel central na integridade do sistema antioxidante via glutathione peroxidase, mitigando o estresse oxidativo no microambiente folicular e preservando a viabilidade oocitária diante do estresse de manejo da IATF (Arthington *et al.*, 2014; Vedovatto *et al.*, 2021; Wang *et al.*, 2011). Concomitantemente, o Mn pode atuar como cofator na sinalização neuroendócrina, otimizando a resposta ao GnRH aplicado no D11 para a indução da ovulação e estimulando a esteroidogênese inicial nas células luteais (Pine *et al.*, 2005).

Desse modo, considerando o momento crítico de início da estação de monta, o qual pode proporcionar carências dos microminerais pela suplementação oral não uniforme do lote, a suplementação injetável de microminerais no tratamento 1 se mostrou mais eficaz em relação ao tratamento 2 e controle, demonstrando que o aporte injetável se reverteu em ganho de concepção quando o complexo de microminerais é restabelecido de maneira integral e simultânea no organismo.

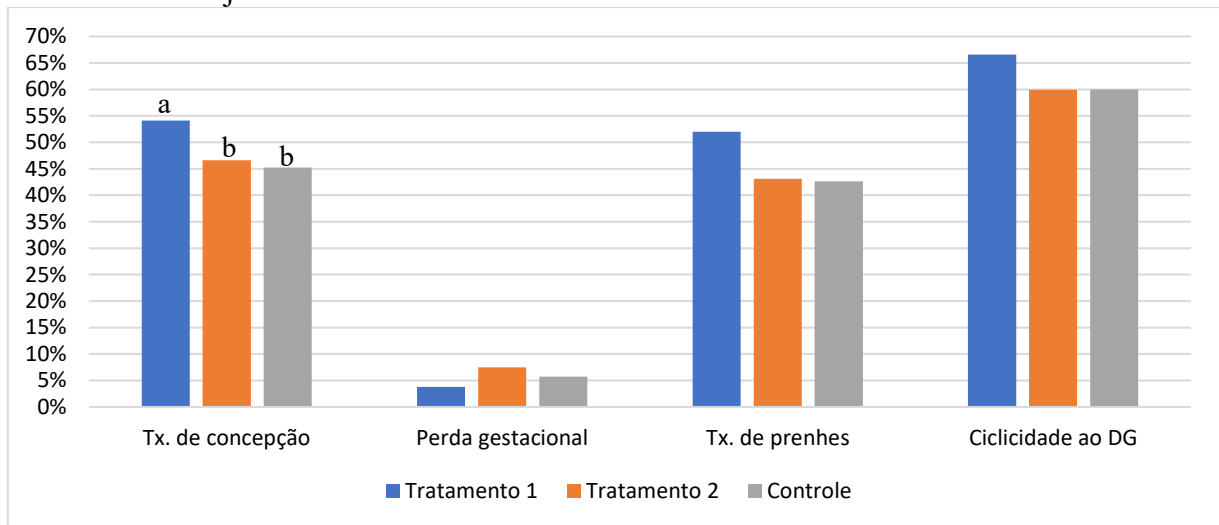
Para a ciclicidade ao DG, mesmo com maior proporção de novilhas com CL no tratamento 1, os resultados foram estatisticamente semelhantes entre os tratamentos ($P > 0,05$), sendo de (66,6%; 64/96) no tratamento 1, (59,9%; 136/227) no tratamento 2 e (60%; 69/115) no grupo controle (Figura 7). Sob uma perspectiva cronológica e metabólica, diferentemente das novilhas sobreano do primeiro experimento, os animais avaliados nesta etapa tinham idade superior (aproximadamente 24 meses de idade), detinham maior maturidade esquelética (peso médio de $307 \pm 24,6$ kg e apresentavam um escore de condição corporal adequado (Ferraz *et al.*, 2023; Nogueira, 2004). Essas características biológicas fazem com que o lote responda de forma mais robusta e homogênea aos estímulos exógenos de progesterona, eCG e GnRH, reduzindo o espaço para que possíveis carências decorrentes de alta demanda limitem a ovulação e a subsequente formação do CL.

A taxa de perdas gestacionais, apesar de não apresentarem diferenças significativas nas comparações, apresentaram tendência a ser menor ($P = 0,09$) no tratamento 1 (2/52; 3,8%) em relação ao tratamento 2 (8/106; 7,5%), não diferindo entre os tratamentos e controle ($P > 0,05$: 3/52; 5,7%). Essa tendência de menor mortalidade embrionária e fetal precoce observada no tratamento 1 em comparação ao tratamento 2 reforça a hipótese de que a integralidade do complexo micromineral injetável pode ser um fator importante para a manutenção e estabilidade da gestação inicial.

Sob a ótica bioquímica, a exclusão da suplementação de Se e do Mn na formulação do tratamento 2 pode ter privado o organismo de vias metabólicas complementares nesse momento de grande demanda. Segundo Pine *et al.* (2005), o Se atua de forma direta na síntese da enzima glutathione peroxidase, protegendo o endométrio e as membranas fetais contra os danos deletérios do estresse oxidativo durante a transição crítica do reconhecimento materno e placentação, o Mn atua como cofator na secreção sustentada de progesterona pelo corpo lúteo.

A maior proporção de perdas verificado no tratamento 2 (7,5 %) sinaliza que o aporte isolado de Zn e Cu, desprovido do correspondente suporte antioxidante e endócrino do Se e Mn, pode ser insuficiente para mitigar as falhas de desenvolvimento embrionário em novilhas sob desafio reprodutivo. Portanto, ainda que a amplitude amostral desta variável tenha condicionado o achado a uma tendência estatística baixa ($P = 0,09$), levanta-se a hipótese de que o sinergismo dos quatro elementos (Zn, Cu, Mn e Se) pode conferir um efeito protetor superior ao conceito quando comparado a intervenções minerais parciais.

Figura 7 - Índices reprodutivos de taxa de concepção em protocolo de inseminação artificial em tempo fixo, perda gestacional, taxa de prenhez e ciclicidade ao DG, comparados por meio do teste de regressão logística múltipla de acordo com suplementação ou não com microminerais injetáveis.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Legenda *Tratamento 1: 74,68 mg/mL, Zn-óxido; 26,09 mg/mL Cu-carbonato; 20,92 mg/mL Mn-carbonato e 10,95 mg/mL Se-selenito sódico. *Tratamento 2: 50 mg/mL Zn-edetato dissódico e 15 mg/mL Cu-edetato dissódico. *Significância para p-valor $\leq 0,05$.

4 CONCLUSÃO

A avaliação do uso estratégico da suplementação injetável de microminerais em novilhas Nelore submetidas ao primeiro serviço corroborou com as hipóteses do estudo, demonstrando que o restabelecimento das reservas orgânicas por meio injetável indica melhoras nos índices reprodutivos nos momentos de maior demanda e estresse.

No primeiro experimento, a aplicação da solução integral (Zn, Cu, Mn, Se) no D-12 (Fazenda 1) elevou significativamente a taxa de concepção na primeira IATF, com esse benefício concentrando-se no serviço inicial. Da mesma forma, a antecipação da aplicação para o D-24 em novilhas pré-púberes (Fazenda 2) também aumentou a concepção no primeiro serviço e além disso reduziu as perdas gestacionais até o D100, o que proporcionou uma taxa de prenhez final significativamente superior no tratamento em relação ao controle.

O segundo experimento mostrou a necessidade do sinergismo mineral integral, visto que apenas o tratamento com os quatro elementos superou o controle na taxa de concepção, enquanto a formulação parcial contendo apenas zinco e cobre falhou em se diferenciar do grupo não suplementado. Além disso, a solução completa indicou uma tendência de menor perda gestacional, embora a ciclicidade entre os grupos tenha sido equivalente devido à maior maturidade cronológica (24 meses) das fêmeas.

Em conclusão, a suplementação parenteral estratégica atuou como um suporte terapêutico eficaz em momentos de desafio reprodutivo, otimizando a uniformidade nutricional do lote, possivelmente contornando as limitações da absorção oral tradicional. Sob a perspectiva bioeconômica dos sistemas de cria, a tecnologia demonstrou eficácia ao concentrar e antecipar a prenhez logo no início da estação de monta, provavelmente reduzindo os custos operacionais com ressincronizações e indiretamente contribuindo com a rentabilidade do rebanho por meio do nascimento concentrado de bezerros do cedo, que usufruem de melhor aproveitamento das pastagens e alcançam maior peso à desmama. Todavia, mais estudos devem ser realizados, sugerindo a realização de dosagens séricas/hepáticas dos microminerais, fatores que foram limitantes nesse trabalho, afim de confirmar a cinética de absorção e sua correlação com os desfechos reprodutivos.

REFERÊNCIAS

- ARTHINGTON, J. D.; MORIEL, P.; MARTINS, P. G. M. A.; LAMB, G. C.; HAVENGA, L. J. Effects of trace mineral injections on measures of performance and trace mineral status of pre- and postweaned beef calves¹. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 92, n. 6, p. 2630-2640, 2014. DOI: 10.2527/jas.2013-7164.
- BARUSELLI, P. S.; ABREU, L. Â.; PAULA, V. R.; CARVALHO, B.; GRICIO, E. A.; MORI, F. K.; REBEIS, L. M.; ALBERTINI, S.; SOUZA, A. H.; D'OCCHIO, M. Applying assisted reproductive technology and reproductive management to reduce CO₂-equivalent emission in dairy and beef cattle: a review. **Animal Reproduction**, Belo Horizonte, v. 20, n. 2, art. e20230060, p. 1-11, 2023. DOI: 10.1590/1984-3143-AR2023-0060.
- BRUINJÉ, T. C.; LEBLANC, S. J. Invited review: inflammation and health in the transition period influence reproductive function in dairy cows. **Animals**, Basel, v. 15, n. 5, art. 633, p.1-19, 2025. DOI: 10.3390/ani15050633.
- BRUNES, L. C.; BALDI, F.; COSTA, M. F. O. E.; LOBO, R. B.; LOPES, F. B.; MAGNABOSCO, C. U. Efeito da idade a primeira concepção como critério de seleção em características de crescimento e carcaça em bovinos Nelore. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 25, art. e-75632E, p. 1-18, 2024. DOI: 10.1590/1809-6891v25e-75632p.
- CREDILLE, B. C.; DUGGIN, J. D.; JONES, A. L.; NYHUIS, G.; FONTES, P. L. P.; STEWART, R. L.; BERGHAUS, R. D. Physical traits, performance data, and reproductive tract maturity score can be used to predict fertility and likelihood of early conception in beef replacement heifers consigned to a heifer development program in the southeastern United States. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, Schaumburg, v. 261, n. 8, p. 1193-1199, 2023. DOI: 10.2460/javma.23.02.0093.
- DAMIRAN, D.; LARSON, K. A.; PEARCE, L. T.; ERICKSON, N. E.; LARDNER, B. H. A. Effect of calving period on beef cow longevity and lifetime productivity in western Canada. **Translational Animal Science**, Champaign, v. 2, p. S61-S65, 2018. Supplement 1. DOI: 10.1093/tas/txy020.
- DEES, W. L.; HINEY, J. K.; SRIVASTAVA, V. K. IGF-1 influences gonadotropin-releasing hormone regulation of puberty. **Neuroendocrinology**, Basel, v. 111, n. 12, p. 1151-1163, 2021. DOI: 10.1159/000514217.
- FANTUZ, F.; FATICA, A.; SALIMEI, E.; MARCANTONI, F.; TODINI, L. Nutrition, growth, and age at puberty in heifers. **Animals**, Basel, v. 14, n. 19, art. 2801, p. 1-16, 2024. DOI: 10.3390/ani14192801.
- FERRAZ, M. V. C.; SANTOS, M. H.; OLIVEIRA, G. B.; POLIZEL, D. M.; BARROSO, J. P. R.; NOGUEIRA, G. P.; GOUVEA, V. N.; CARVALHO, P. H. V.; BIAVA, J. S.; FERREIRA, E. M.; PIRES, A. V. Effect of growth rates on hormonal and pubertal status in Nelore heifers early weaned. **Tropical Animal Health and Production**, Heidelberg, v. 55, n. 3, art. 189, p. 1-13, 2023. DOI: 10.1007/s11250-023-03588-2.

GOULD, L.; KENDALL, N. R. Role of the rumen in copper and thiomolybdate absorption. **Nutrition Research Reviews**, Cambridge, v. 24, n. 2, p. 176-182, 2011. DOI: 10.1017/S0954422411000059.

KHAN, I.; MESALAM, A.; HEO, Y. S.; LEE, S.-H.; NABI, G.; KONG, I.-K. Heat stress as a barrier to successful reproduction and potential alleviation strategies in cattle. **Animals**, Basel, v. 13, n. 14, art. 2359, p. 1-15, 2023. DOI: 10.3390/ani13142359.

LARSON, C. K. Role of trace minerals in animal production: what do i need to know about trace minerals for beef and dairy cattle, horses, sheep and goats? In: NUTRITION CONFERENCE, 2005. **Proceedings...** Knoxville: The University of Tennessee, 2005. 12 p.

LEE, B.; HINEY, J. K.; PINE, M. D.; SRIVASTAVA, V. K.; DEES, W. L. Manganese stimulates luteinizing hormone releasing hormone secretion in prepubertal female rats: hypothalamic site and mechanism of action. **Journal of Physiology**, Oxford, v. 578, pt. 3, p. 765-772, 2007. DOI: 10.1113/jphysiol.2006.123083.

MÁRTON, J.; BENE, S. A.; SZABÓ, F. Heritability estimates of age at first calving and correlation analysis in Angus cows bred in Hungary. **Animals**, Basel, v. 14, n. 24, art. 3715, p. 1-13, 2024. DOI: 10.3390/ani14243715.

MESQUITA, P. H. M. D.; PESSATO, R. M.; BITTAR, E. R.; VENTURINI, G. C.; RESENDE, A. T. R.; SILVEIRA, G. H. S.; BITTAR, J. F. F. Influência do uso de hormônio liberador de gonadotrofinas (GNRH) no momento da IA sobre a taxa de prenhez de fêmeas bovinas Nelore núlparas e primíparas. **Observatorio de la Economía Latinoamericana**, São José dos Pinhais, v. 22, n. 11, art. e7776, p. 1-14, 2024. DOI: 10.55905/oelv22n11-125.

MONTEIRO, P. L. J.; CONSENTINI, C. E. C.; ANDRADE, J. P. N.; BEARD, A. D.; GARCIA-GUERRA, A.; SARTORI, R.; WILTBANK, M. C. Research on timed AI in beef cattle: Past, present and future, a 27-year perspective. **Theriogenology**, New York, v. 211, p. 161-171, 2023. DOI: 10.1016/j.theriogenology.2023.07.037.

NATIONAL ACADEMIES OF SCIENCES, ENGINEERING, AND MEDICINE. **Nutrient requirements of beef cattle**. 8th Rev. Ed. Washington, DC: National Academies Press, 2016. 494 p. Disponível em: <http://www.nap.edu/catalog/19014>. Acesso em: 28 jul. 2025.

NIEDERMAYER, E. K.; GENTHER-SCHROEDER, O. N.; LOY, D. D.; HANSEN, S. L. The effects of injectable trace minerals on growth performance and mineral status of Angus beef steers raised in a natural feedlot program. **The Professional Animal Scientist**, Savoy, v. 33, n. 2, p. 186-193, 2017. DOI: 10.15232/pas.2016-01570.

NOGUEIRA, G. P. Puberty in South American *Bos indicus* (Zebu) cattle. **Animal Reproduction Science**, Amsterdam, v. 82-83, p. 361-372, 2004. DOI: 10.1016/j.anireprosci.2004.04.007.

PENG, W.; LIU, X.; TAN, C.; ZHOU, W.; JIANG, J.; ZHOU, X.; DU, J.; MO, L.; CHEN, L. Zinc- α 2-glycoprotein relieved seizure-Induced neuronal glucose uptake impairment via insulin-like growth factor 1 receptor-regulated glucose transporter 3 expression. **Journal of Neurochemistry**, Oxford, v. 157, n. 3, p. 695-709, 2021. DOI: 10.1111/jnc.15254.

PINE, M.; LEE, B.; DEARTH, R.; HINEY, J. K.; DEES, W. L. Manganese acts centrally to stimulate luteinizing hormone secretion: a potential influence on female pubertal development. **Toxicological Sciences**, Orlando, v. 85, n. 2, p. 880-885, 2005. DOI: 10.1093/toxsci/kfi134.

POGGE, D. J.; RICHTER, E. L.; DREWNOSKI, M. E.; HANSEN, S. L. Mineral concentrations of plasma and liver after injection with a trace mineral complex differ among Angus and Simmental cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 90, n. 8, p. 2692-2698, 2012. DOI: 10.2527/jas.2012-4482.

PRADO, C. P. **Caracterização de perdas gestacionais em vacas de corte *Bos indicus* recebendo protocolo de inseminação artificial em tempo fixo**. 2024. 44 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2024.

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 Sciences**, Champaign, v. 99, n. 3, art. skab048, p. 1-14, 2021a. DOI: 10.1093/jas/skab048.

RANCHES, J.; OLIVEIRA, R. A.; VEDOVATTO, M.; PALMER, E. A.; MORIEL, P.; ARTHINGTON, J. D. Use of radio-frequency identification technology to assess the frequency of cattle visits to mineral feeders. **Tropical Animal Health and Production**, Edinburgh, v. 53, n. 3, art. 341, p. 1-7, 2021b. DOI: 10.1007/s11250-021-02784-2.

ROTH, H. P.; KIRCHGESSNER, M. Influence of alimentary zinc deficiency on the concentration of growth hormone (GH), insulin-like growth factor I (IGF-I) and insulin in the serum of force-fed rats. **Hormones and Metabolic Research**, Stuttgart, v. 26, n. 9, p. 404-408, 1994. DOI: 10.1055/s-2007-1001718.

SALES, J. N. S.; PEREIRA, R. V. V.; BICALHO, R. C.; BARUSELLI, P. S. Effect of injectable copper, selenium, zinc and manganese on the pregnancy rate of crossbred heifers (*Bos indicus* × *Bos taurus*) synchronized for timed embryo transfer. **Livestock Science**, Amsterdam, v. 142, n. 1-3, p. 59-62, 2011. DOI: 10.1016/j.livsci.2011.06.014.

SARTORI, R.; BALISTRIERI, M.; SILVA, L. O.; CONSENTINI, C. E. C.; MELO, L. F.; PONTES, G. C. S.; GAITKOSKI, D. Pregnancy loss in cattle with emphasis on embryo transfer programs. **Animal Reproduction**, Belo Horizonte, v. 22, n. 3, art. e20250045, p. 1-14, 2025. DOI: 10.1590/1984-3143-AR2025-0045.

STEFANELLO, S.; AMARAL, C. S.; CANTARELLI, C.; KOZLOSKI, G. V.; CAJARVILLE, C.; CAPELLO, J. L. R.; MENDOZA, A.; PORTELA, V. M.; ANTONIAZZI, A. Q. Relationship between energy balance and key blood metabolites in primiparous dairy cows at different calving conception interval. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 54, n. 9, art. e20230385, p.1-7, 2024. DOI: 10.1590/0103-8478cr20230385.

SWECKER JUNIOR, W. S. Trace mineral feeding and assessment. **Veterinary Clinics: Food Animal Practice**, Philadelphia, v. 39, n. 3, p. 385-397, 2023. DOI: 10.1016/j.cvfa.2023.05.001.

SWECKER JUNIOR, W. S.; SAUN, R. J. V. Trace minerals in ruminant production systems. **Veterinary Clinics: Food Animal Practice**, Philadelphia, v. 39, n. 3, p. xi-xii, 2023. DOI: 10.1016/j.cvfa.2023.08.011.

TEIXEIRA, A. G. V.; LIMA, F. S.; BICALHO, M. L. S.; KUSSLER, A.; LIMA, S. F.; FELIPPE, M. J.; BICALHO, R. C. Effect of an injectable trace mineral supplement containing selenium, copper, zinc, and manganese on immunity, health, and growth of dairy calves. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 97, n. 7, p. 4216-4226, 2014. DOI: 10.3168/jds.2013-7625.

VEDOVATTO, M.; CORTADA NETO, I. M.; BORGES, D. G. L.; COELHO, R. N.; RANCHES, J.; FRANCO, G. L. Effects of a single trace minerals injection on antioxidant and immune response, resistance to endoparasites, health and growth of newborn Boer kids. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 41, art. e06722, p. 1-6, 2021. DOI: 10.1590/1678-5150-PVB-6722.

VEDOVATTO, M.; MORIEL, P.; COOKE, R. F.; COSTA, D. S.; FARIA, F. J. C.; CORTADA NETO, I. M.; BENTO, A. L. L.; ROCHA, R. F. A. T.; FERREIRA, L. C. L.; ALMEIDA, R. G.; SANTOS, S. A.; FRANCO, G. L. Effects of a single trace mineral injection at beginning of fixed-time AI treatment regimen on reproductive function and antioxidant response of grazing Nellore cows. **Animal Reproduction Science**, Amsterdam, v. 211, art. 106234, p. 1-8, 2019. DOI: 10.1016/j.anireprosci.2019.106234.

WANG, J.; ZHU, X.; LI, X.; WANG, W.; WANG, X.; LIU, L.; DENG, Q.; BAI, G.; WANG, J.; FENG, H.; WANG, Z.; LIU, G. Effects of copper on proliferation and autocrine secretion of insulin-like growth factor-1 (IGF-1) and IGF-binding protein-3 (IGFBP-3) in chondrocytes from newborn pigs in vitro. **Biological Trace Element Research**, London, v. 144, n. 1-3, p. 588-596, 2011. DOI: 10.1007/s12011-011-9033-x.

WANG, J.; ZHU, X.; XIE, G.; ZHANG, Y.; LIU, Z.; ZHANG, L.; ZHAO, C.; YANG, W.; SHI, X.; WANG, Z.; LIU, G. Effect of copper on the expression of IGF-1 from chondrocytes in newborn piglets in vitro. **Biological Trace Element Research**, London, v. 148, n. 2, p. 178-181, 2012. DOI: 10.1007/s12011-012-9359-z.

WOLTER, P. F.; CARNEIRO JUNIOR, J. M. Efeito de época de nascimento sobre o peso a desmama de bezerros Nelore nos municípios de Rio Branco e Boca do Acre. In: CONGRESSO REGIONAL DE PESQUISA DO ESTADO DO ACRE; SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFAC, 24., 2015, Rio Branco. **Anais...** Rio Branco: Embrapa, 2015. 1 p. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1034254>. Acesso em: 20 jul. 2025.

ANEXO A – CERTIFICADO DO COMITÊ DE ÉTICA



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”



CAMPUS ARAÇATUBA
FACULDADE DE ODONTOLOGIA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA

CEUA - Comissão de Ética no Uso de Animais
CEUA - Ethics Committee on the Use of Animals

CERTIFICADO

Certificamos que o Projeto de Pesquisa intitulado **“Efeito da suplementação injetável de microminerais no desenvolvimento reprodutivo e perfil hormonal de novilhas Nelore pré-púberes submetidas a indução de ciclicidade”**, Processo FOA nº 553-2024, sob responsabilidade de Guilherme de Paula Nogueira apresenta um protocolo experimental de acordo com os Princípios Éticos da Experimentação Animal e sua execução foi aprovada pela CEUA em 23 de janeiro de 2025.

VALIDADE DESTE CERTIFICADO: 21 de outubro de 2026.

DATA DA SUBMISSÃO DO RELATÓRIO FINAL: até 21 de novembro de 2026.

CERTIFICATE

We certify that the study entitled **“Effect of injectable micromineral supplementation on reproductive development and hormonal profile of prepubertal Nelore heifers subjected to cycling induction”**, Protocol FOA nº 553-2024, under the supervision of Guilherme de Paula Nogueira presents an experimental protocol in accordance with the Ethical Principles of Animal Experimentation and its implementation was approved by CEUA on January 23, 2025.

VALIDITY OF THIS CERTIFICATE: October 21, 2026.

DATE OF SUBMISSION OF THE FINAL REPORT: November 21, 2026.

Prof. Dr. Fellippo Ramos Verri
Coordenador da CEUA
CEUA Coordinator

CEUA - Comissão de Ética no Uso de Animais
Faculdade de Odontologia de Araçatuba
Faculdade de Medicina Veterinária de Araçatuba
Rua José Bonifácio, 1193 – Vila Mendonça - CEP: 16015-050 – ARAÇATUBA – SP
Fone (18) 3636-3234 Email CEUA: ceua.foa@unesp.br