

Impacto de fatores ambientais na ocorrência de perdas gestacionais em fêmeas da raça Nelore

Ana Carolina Evaristo Pires⁽¹⁾, Larissa Bordin Temp⁽²⁾, Roney Teixeira da Silva⁽²⁾, Gabriel Gubiani⁽³⁾, Flávia Cristina Bis⁽³⁾, Letícia Silva Pereira⁽⁴⁾, Fernando Baldi⁽⁵⁾ e Cláudio Ulhôa Magnabosco⁽⁶⁾

⁽¹⁾Estudante de graduação da Universidade Estadual Paulista, estagiária na Embrapa Cerrados, Planaltina, DF. ⁽²⁾Zootecnistas, estudantes de doutorado da Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP. ⁽³⁾Zootecnistas, estudantes de doutorado da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, Pirassununga, SP. ⁽⁴⁾Pós-doutoranda do Instituto de Zootecnia, Nova Odessa, SP. ⁽⁵⁾Professor, Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, Pirassununga, SP. ⁽⁶⁾Pesquisador, Embrapa Cerrados, Planaltina, DF.

Resumo – As perdas gestacionais constituem uma das principais causas de falhas reprodutivas na bovinocultura, impactando negativamente a saúde animal e o desempenho zootécnico. Este estudo avaliou o impacto de fatores ambientais nas perdas gestacionais em novilhas Nelore desafiadas precocemente, por meio da estimação dos componentes de variância genética e residual, e herdabilidade. Foram avaliadas 23.336 novilhas prenhes, sendo 3.608 classificadas como falhas e 19.728 como sucessos. Entre as falhas, 49,83%, 20,34%, 3,33% e 26,49% ocorreram no primeiro ao quarto trimestres, respectivamente. A época do diagnóstico foi significativa em todos os trimestres. As herdabilidades variaram de 0,031 (MD1) a 0,060 (MD4), refletindo a forte influência ambiental. A inclusão da idade da vaca influenciou pouco os resultados. A fazenda teve efeito determinante sobre as perdas gestacionais. O modelo MD4, que considerou os efeitos de fazenda, época e tipo de acasalamento no grupo de contemporâneos, além do efeito fixo de ano do diagnóstico de prenhez e covariável idade da vaca fora do GC, apresentou a maior herdabilidade e o menor DIC, sendo o mais adequado. O estudo evidenciou que a fazenda desempenha papel crucial, demonstrando que as perdas gestacionais em novilhas desafiadas precocemente são fortemente influenciadas por fatores ambientais. Fatores como tolerância térmica e características fisiológicas podem afetar a fertilidade dos animais, apesar da resistência inerente à raça Nelore. Estudos futuros com dados genômicos poderão melhorar a acurácia na identificação de efeitos genéticos, reduzindo a influência ambiental.

Termos para indexação: *Bos indicus*, herdabilidade, novilhas, taxa de prenhez, variabilidade.

Impact of environmental factor on gestational loss occurrence in Nelore females

Abstract – Gestational losses are one of the main causes of reproductive failure in beef cattle, negatively affecting animal health and productive performance. This study evaluated the impact of environmental factors on gestational losses

Embrapa Cerrados
BR 020, Km 18, Rod. Brasília /
Fortaleza
Caixa Postal 08223
CEP 73310-970, Planaltina, DF
www.embrapa.br/cerrados
www.embrapa.br/fale-conosco/
sac

Comitê Local de Publicações
Presidente
Eduardo Alano Vieira
Secretária-executiva
Lidiamar Barbosa de Albuquerque

Membros
Alessandra de Jesus Boari
Alessandra Silva G. Faleiro
Angelo Aparecido Barbosa Sussel
Fábio Gelape Faleiro
Fabiola de Azevedo Araujo
Giuliano Marchi
Jussara Flores de Oliveira Arbues
Karina Pulrolnik
Maria Emília Borges Alves
Natália Bortoleto Athayde Maciel

Edição executiva e
revisão de texto
Jussara Flores O. Arbues
Normalização bibliográfica
Marilaine Shaun Pelufe
(CRB-1/2045)
Projeto gráfico
Leandro Sousa Fazio
Diagramação
Wellington Cavalcanti
Publicação digital: PDF

Todos os direitos
reservados à Embrapa.

in early challenged Nelore heifers by estimating genetic and residual variance components, as well as heritability. A total of 23,336 pregnant heifers were evaluated, with 3,608 classified as failures and 19,728 as successes. Among the failures, 49.83%, 20.34%, 3.33%, and 26.49% occurred in the first to fourth trimesters, respectively. The timing of pregnancy diagnosis was significant in all trimesters. Heritability estimates ranged from 0.031 (MD1) to 0.060 (MD4), reflecting the strong environmental influence. Including cow age in the models had little impact on the results. The farm had a determining effect on gestational losses. Model MD4, which included the effects of farm, timing, and mating type within the contemporary group, in addition to the fixed effect of year of pregnancy diagnosis and cow age as a covariate outside the CG, showed the highest heritability and the lowest DIC, thus being the most appropriate. The study highlighted the crucial role of the farm, demonstrating that gestational losses in early challenged heifers are strongly influenced by environmental factors. Traits such as heat tolerance and physiological characteristics may affect fertility, despite the inherent resilience of the Nelore breed. Future studies using genomic data may improve the accuracy of identifying genetic effects, reducing environmental influence.

Index terms: *Bos indicus*, heritability, heifers, pregnancy rate, variability.

Introdução

Nas últimas décadas, a pecuária de corte tem apresentado avanços significativos em diferentes segmentos da cadeia produtiva (Neves et al., 2022). Em 2023, o rebanho bovino brasileiro foi estimado em 197 milhões de cabeças, consolidando o país como o maior exportador mundial de carne bovina, embora apenas 28,5% da produção seja destinada ao mercado externo (ABIEC, 2024). Outro aspecto relevante é o crescimento do mercado de genética bovina, que, entre 2020 e 2024, registrou um aumento de 13,86% no volume de doses de sêmen de bovinos de corte disponíveis para comercialização no mercado interno, além de um incremento de 161,87% nas exportações de doses de sêmen no mesmo período (ASBIA, 2024). Por meio de práticas como manejo nutricional e reprodutivo, gestão eficiente do rebanho, cuidados sanitários, melhoramento genético e foco no bem-estar animal, essa atividade tornou-se cada vez mais técnica, refletindo em resultados ambientais e econômicos positivos (Carvalho; Zen, 2017).

O Brasil possui um rebanho bovino diversificado, com destaque para as raças de origem indiana, conhecidas como zebuínas, que desempenham papel crucial na pecuária nacional. Esses animais são altamente valorizados por sua excelente adaptação às regiões tropicais e subtropicais, apresentando características como pele pigmentada, pelos curtos, presença de cupim e alta resistência ao calor (Carmargo et al., 2023). Entre essas raças, o Nelore se sobressai no Brasil por sua adaptabilidade às condições tropicais, rusticidade, resistência a parasitas e eficiência na conversão alimentar, mesmo em pastagens de baixa qualidade (Aroeira; Rosa, 1982; Terto e Sousa et al., 2016).

Apesar de suas vantagens, os bovinos da raça Nelore apresentam maturidade sexual tardia, com a primeira parição ocorrendo entre 33 e 42 meses (Buzanskas et al., 2017; Claus et al., 2017; Schmidt et al., 2018). Com o crescimento do setor, houve um esforço significativo para reduzir essa idade por meio da seleção genética, favorecendo fêmeas zebuínas mais precoces. Essas fêmeas, selecionadas para atingir a maturidade reprodutiva mais cedo, ganharam destaque por sua capacidade de produzir carne e leite em condições climáticas adversas, sendo essenciais nos sistemas de produção brasileiros (Silva et al., 2020).

Embora os animais estejam bem adaptados ao ambiente, uma das principais causas de falhas reprodutivas nas fêmeas é a perda gestacional, a qual acarreta consequências econômicas significativas para as indústrias de carne e leite (Franco et al., 2020). Essas perdas ocorrem, principalmente, após a fertilização, a elongação embrionária e o reconhecimento materno da gestação, afetando cerca de 28% das inseminações em bovinos de corte (Reese et al., 2020). A mortalidade embrionária precoce, até o 27º dia de gestação (Pohler et al., 2020), em rebanhos de corte, pode variar entre 34% (Aono et al., 2013) e 62% (Pohler et al., 2016), com média de 48% (Reese et al., 2020), enquanto a mortalidade embrionária tardia, após o 28º dia de gestação (Pohler et al., 2020), varia de 2% a 10% (Dunne et al., 2000; Pohler et al., 2016). Tais perdas impactam diretamente a saúde e o bem-estar dos animais, resultando em aumento do descarte, perda de bezerros e elevação dos custos reprodutivos (Reese et al., 2020; Wijma et al., 2022).

Este estudo configura-se como um trabalho pioneiro ao abordar a influência dos efeitos ambientais sobre as perdas gestacionais em novilhas – que compreendem as perdas fetais e embrionárias –, um tema ainda pouco explorado na literatura. A compreensão desses fatores é crucial, pois permite a

identificação de variáveis ambientais que impactam negativamente os resultados reprodutivos. Nesse contexto, é imprescindível testar e quantificar esses efeitos para o desenvolvimento de um modelo que possibilite a estimativa precisa dos parâmetros genéticos, contribuindo, assim, para o aprimoramento das estratégias de seleção e manejo reprodutivo. O objetivo deste estudo foi avaliar o impacto dos fatores ambientais sobre as perdas gestacionais em fêmeas Nelore, por meio das estimativas dos componentes de variância genética e residual e da herdabilidade, utilizando sete modelos com diferentes constituições de grupos de contemporâneos e outros efeitos fixos.

Material e métodos

O banco de dados utilizado neste estudo foi composto por 23.336 novilhas prenhes da raça Nelore, desafiadas precocemente, pertencentes à Associação Nacional de Criadores e Pesquisadores (ANCP). Essas novilhas foram expostas à reprodução – por meio de monta controlada, monta a pasto, inseminação artificial, inseminação artificial em

tempo fixo e lote de touros – entre 10 e 14 meses de idade, com um período médio de três meses destinado à reprodução. Caso não atingissem a prenhez, eram reexpostas por volta dos 24 meses de idade.

Para a avaliação das perdas gestacionais, foram consideradas as novilhas que apresentaram diagnóstico positivo de prenhez (entre 30 e 40 dias de gestação), mas não possuíam registro de parto na base de dados. Ou seja, as novilhas que apresentaram diagnóstico positivo de prenhez, mas não dispunham de informações sobre a probabilidade de parto precoce aos 30 meses e idade ao primeiro parto, foram classificadas como perdas. Foram excluídas do estudo as novilhas com intervalo inferior a 100 dias ou superior a 300 dias entre o diagnóstico de prenhez e a idade ao primeiro parto.

As novilhas que tiveram a prenhez confirmada e pariram foram categorizadas como sucesso (2, $n = 19.728$), enquanto aquelas que não pariram foram classificadas como falha (1, $n = 3.608$).

Na Tabela 1, são apresentados os diferentes modelos testados para a característica. Os efeitos assinalados com “X” indicam se foram incluídos ou não (como efeitos concatenados ou efeitos fixos independentes) nos grupos contemporâneos (GCs).

Tabela 1. Estrutura dos modelos avaliados para perdas gestacionais avaliadas em novilhas da raça Nelore precocemente conforme a inclusão ou não de efeitos fixos, tamanho e número médio de animais por grupo de contemporâneo.

Modelo ⁽¹⁾	Efeito fixo dentro de GC ⁽²⁾				Efeito fixo fora de GC				GC (\bar{X})
	Fazenda	ANF ⁽³⁾	ED ⁽⁴⁾	TA ⁽⁵⁾	Fazenda	ANF	TA	IDV ⁽⁶⁾	
MD1	x	x	x	x	–	–	–	x	294 (79)
MD2		x	x	x	x	–	–	x	113 (206)
MD3	x	x	x	–	–	–	x	x	225 (104)
MD4	x	–	x	x	–	x	–	x	148 (158)
MD5	x	x	x	–	–	–	–	x	225 (104)
MD6	x	x	x	x	–	–	–	–	294 (79)
MD7	x	x	–	–	–	–	–	x	145 (161)

⁽¹⁾ MD: modelo.

⁽²⁾ GC: grupo contemporâneo.

⁽³⁾ ANF: ano do diagnóstico de prenhez da fêmea.

⁽⁴⁾ ED: época do diagnóstico de prenhez (trimestre).

⁽⁵⁾ TA: tipo de acasalamento.

IDV: covariável idade da fêmea estimada no momento do diagnóstico de prenhez.

Traço (–): informação não aplicável.

No total, foram testados sete modelos. Os efeitos considerados dentro e fora do GC foram: fazenda, ano de diagnóstico de prenhez da fêmea (2000–2021) e tipo de acasalamento (monta controlada: 74; monta a pasto: 1.573; inseminação artificial [IA]: 4.450; lote de touros: 219; inseminação artificial em

tempo fixo [IATF]: 17.168). A covariável de efeito linear “idade da fêmea no diagnóstico de prenhez” foi considerada apenas fora do GC, enquanto a “época do diagnóstico de prenhez”, agrupada por trimestre, foi considerada apenas dentro do GC (dezembro a fevereiro: 10.937; março a maio: 5.485; junho a

agosto: 870; setembro a novembro: 6.044). Entre as fêmeas classificadas como falha, a distribuição por trimestre foi de 49,83% no primeiro, 20,34% no segundo, 3,33% no terceiro e 26,49% no quarto.

Foi utilizado um modelo linear generalizado com distribuição binomial para avaliar as variáveis: fazenda, ano de diagnóstico, época do diagnóstico, tipo de acasalamento e idade estimada da fêmea no momento do diagnóstico de prenhez. A função de ligação escolhida foi a *logit*, e os parâmetros foram estimados utilizando a função GLM do pacote Stats, versão 4.3.1 (R Core Team, 2024). Adotou-se um nível de significância de 5% e intervalo de confiança de 95%.

Para a estimação dos parâmetros genéticos e dos componentes de variância, foi utilizado um modelo animal de limiar. O modelo animal geral (Equação 1):

$$y = X\beta + Zu + e \quad (1)$$

em que: y é um vetor de variáveis dependentes; β é um vetor de efeitos fixos, incluindo o GC e a idade ao parto; X é a matriz de incidência associando β com y ; u é um vetor de efeitos aleatórios de efeitos genéticos aditivos diretos; Z é a matriz de incidência associando-se a y ; e e é os efeitos residuais.

No modelo limiar, assumiu-se que a escala subjacente tem uma distribuição normal (Equação 2):

$$U|\theta \sim N(\theta, I\sigma_e^2) \quad (2)$$

em que: U é o vetor da escala de base com ordem r (com r : número de animais); $\theta = (\beta, u)$ é o vetor de parâmetros com ordem s (com s : número de classe); β é um vetor de efeitos fixos com ordem s ; u é vetor dos efeitos genéticos aditivos; I é a matriz de identidade com ordem $r \times r$; e σ_e^2 é a variância residual.

A estimativa dos componentes de variância (VCE) foi obtida por meio de análises bayesianas, utilizando a metodologia de Gibbs sampling implementada no software Gibbsf90+ (Misztal et al., 2014), com 500 mil iterações. Após descartar as 10 mil iterações iniciais (*burn-in*), uma em cada 10 iterações foi salva para o cálculo das médias e dos desvios padrão das distribuições a posteriori. A convergência das cadeias de Markov Chain Monte Carlo (MCMC) foi verificada por inspeção visual, utilizando o pacote BOA (Smith, 2007), e pelo teste de Geweke (Geweke, 1992).

A adequação do ajuste dos modelos foi realizada usando o critério de informação de desvio (DIC) de acordo com Spiegelhalter et al. (2002) (Equação 3):

$$DIC = 2D(\theta) - D(\theta) \quad (3)$$

em que: $D(\theta) = -2\log \{p(y|\theta)\} + 2\log \{p(y)\}$, indica a deviance bayesiana, e a barra superior indica a expectativa posterior. O elemento y é a matriz de dados, e a deviance é condicional ao vetor de parâmetros θ , que é chamado de “parâmetro de interesse” ou “parâmetro em foco” por Spiegelhalter et al. (2002). A ideia é que modelos com DIC mais baixo devem ser preferidos em relação aos modelos com DIC mais alto.

Resultados e discussão

Na Tabela 2, apresenta-se a significância dos efeitos relacionados à característica de perdas gestacionais em novilhas da raça Nelore. As taxas de perda gestacional em bovinos de corte são estimadas em aproximadamente 40% nas primeiras três semanas de gestação (Diskin; Sreenan, 1980; Maurer; Chenault, 1983). No presente estudo, foi encontrada uma média de 15,46% de perdas gestacionais em relação ao total de novilhas testadas, valor que pode estar associado a fatores como ambiente, nutrição, manejo e genética, uma vez que os dados foram obtidos em diferentes fazendas. Em contraste, Pohler et al. (2020) relataram que as perdas embrionárias tardias ou a mortalidade fetal precoce em vacas de corte situam-se entre 5 e 8%, embora possam aumentar em função de questões sanitárias e de manejo.

Em uma meta-análise, Reese et al. (2020) avaliaram dados de diagnóstico de prenhez em bovinos de corte entre 27 e 32 dias de gestação, observando uma taxa de perda embrionária precoce de 47,9% para mais de 53 mil vacas. As perdas embrionárias tardias foram de aproximadamente 5% para animais *Bos indicus* e 5,9% para *Bos taurus*, entre 60 e 100 dias de gestação, em um total de 30.500 animais. Os autores também relataram estimativas de 50,4% de falhas reprodutivas durante o primeiro mês de gestação em *Bos indicus*, enquanto, para *Bos taurus*, a taxa foi de 44%. Em relação à paridade, as perdas embrionárias foram de 44,3% para novilhas nulíparas, 54,7% para primíparas e 48% para multíparas.

Considerando o tipo de serviço nas fêmeas classificadas como falhas reprodutivas, foram observadas perdas de 0,41% para monta controlada, 7,15% para monta a pasto, 18,4% para inseminação artificial (IA), 0,85% para lote de touros e 73,11% para

inseminação artificial em tempo fixo (IATF). Reese et al. (2020) também demonstraram que o método de inseminação afeta as taxas de mortalidade

embrionária, com perdas estimadas de 32,3% para IA, 49,5% para IATF e 54,6% para transferência de embriões.

Tabela 2. Resultado de *p-value* da análise de variância para os efeitos usados na formação dos grupos de contemporâneos e efeitos independentes.

Modelo ⁽¹⁾	Fazenda	ANF ⁽²⁾	ED ⁽³⁾	TA ⁽⁴⁾	IDV ⁽⁵⁾
MD1	0,0001***	-0,0084*	-0,0016	-0,0027****	-0,0001***
MD2	—	-0,0056	-0,0174	0,0018	-0,0001***
MD3	0,0001***	-0,0023***	-0,0019	—	-0,0001***
MD4	0,0001***	—	-0,0013	-0,0042**	-0,0001***
MD5	0,0001***	-0,0023***	-0,0019	—	-0,0001***
MD6	0,0001***	-0,0084*	-0,0016	-0,0027****	—
MD7	0,0001***	-0,0023***	—	—	-0,0001***

⁽¹⁾ MD: modelo.

⁽²⁾ ANF: ano do diagnóstico de prenhez da fêmea.

⁽³⁾ ED: época do diagnóstico de prenhez (trimestre).

⁽⁴⁾ TA: tipo de acasalamento.

⁽⁵⁾ IDV: covariável idade da fêmea estimada no momento do diagnóstico.

*Significativo a 0.01%.

**Significativo a 0.001%.

***Significativo a 0.0%.

****Significativo a 0.05%.

Traço (—): informação não aplicável.

Embora o efeito da época do diagnóstico, como variável global, não tenha sido significativo no modelo geral, uma análise mais detalhada por trimestre revelou significância. O primeiro trimestre apresentou significância de 0,05%; o segundo e o quarto trimestres, de 0,001%; e o terceiro trimestre, de 0,01%. Os valores negativos indicam que um aumento na variável explicativa está associado a uma redução na probabilidade de perdas gestacionais.

De acordo com Lyons et al. (2016), a ausência de um planejamento adequado de alimentação e manejo em épocas de escassez de forragem pode levar ao atraso na idade de puberdade e redução da taxa de prenhez. Tal condição alinha-se ao que foi observado por Silva et al. (2020), que ressaltaram a necessidade de implementar um programa nutricional de alta qualidade ao longo de todas as fases do desenvolvimento animal. Uma vez que, assegura-se ao crescimento e ganho de peso ideais, permitindo alocação energética eficiente para o início da puberdade e desempenho reprodutivo.

O período de nascimento exerce uma influência significativa sobre o crescimento dos animais e, por consequência, no desempenho reprodutivo das fêmeas, que necessitam de condições corporais adequadas para iniciar a fase reprodutiva. Animais nascidos em épocas de maior disponibilidade

e qualidade de forragem tendem a atingir a puberdade mais precocemente (Ferraz et al., 2018). Os modelos MD3, MD5 e MD7 demonstraram efeito significativo para o ano do diagnóstico de prenhez. Isso implica que, dependendo das condições climáticas, dos tratamentos administrados aos animais e da alimentação, esses fatores podem influenciar positivamente ou negativamente a taxa de prenhez das fêmeas. De acordo com Pelicioni et al. (2002), bovinos da raça Gir nascidos no início da primavera apresentam melhor desempenho em termos de ganho médio diário (GMD) e peso à desmama, devido ao maior volume de leite produzido pelas matrizes, favorecido pela maior oferta de alimento. Esse fator também pode influenciar diretamente a idade de entrada na puberdade dos animais.

A época do ano em que o parto ocorre impacta significativamente o desempenho reprodutivo, afetando a fertilidade, a duração do ciclo reprodutivo e o período de anestro pós-parto, com destaque para o atraso no início da puberdade durante o inverno no hemisfério norte (Estill, 2021). Ferraz et al. (2018), observaram que novilhas nascidas no outono atingiram a puberdade mais cedo em comparação com aquelas nascidas na primavera. Além disso, verificaram que novilhas expostas a alterações simuladas no fotoperíodo, passando de condições

de primavera para outono após os 6 meses de idade, apresentaram um início antecipado da atividade ovariana.

O impacto significativo da estação de parto em algumas características reprodutivas pode ser atribuído às variações nas condições climáticas e nos regimes alimentares ao longo das diferentes estações do ano. Tanto que Yener et al. (2021) indicaram que as mudanças nas atividades reprodutivas ao longo das estações podem ser influenciadas tanto pelas variações no fotoperíodo, quanto pelas flutuações sazonais na nutrição e nos sistemas de manejo.

No estudo de Shorten et al. (2015), observou-se um efeito quadrático significativo da idade da vaca sobre a taxa de prenhez ($P < 0,01$), corroborando os resultados do presente estudo, no qual o efeito linear da idade da vaca, estimado no momento do diagnóstico de gestação, foi significativo em todos os modelos testados com essa variável como

covariável. Os autores relatam que a estratégia de descarte, que remove vacas não prenhas, teve impacto significativo na taxa de prenhez em função da idade das fêmeas, com um aumento linear de 0,008 por classe etária. A taxa de prenhez aumentou dos 2 aos 6 anos e começou a declinar dos 7 aos 11 anos ($P < 0,01$), independentemente da adoção do descarte. O estudo sugere que a taxa de prenhez é menor em vacas abaixo de uma idade limiar, entre 5 e 7 anos, embora a idade exata não tenha sido definida.

A estimativa dos componentes de variância e herdabilidade são apresentados na Tabela 3, que variaram de 0,031 a 0,047 para variância genética, 1,004 a 1,006 para variância residual e 0,031 a 0,060 para herdabilidade. Os modelos apresentaram herdabilidade baixa, indicando que a característica de perdas gestacionais é fortemente influenciada por fatores ambientais, dado que valores próximos de zero refletem uma menor influência genética.

Tabela 3. Estimação de componentes de variância para a característica de perdas gestacionais para fêmeas da raça Nelore.

Modelo ⁽¹⁾	Variância genética aditiva	Variância residual	Herdabilidade (HPD) ⁽²⁾	DIC ⁽³⁾
MD1	0,031	1,006	0,032 (0,014;0,054)	-46802.08
MD2	0,047	1,004	0,045 (0,019;0,074)	-36165.86
MD3	0,032	1,005	0,031 (0,009;0,056)	-43101.88
MD4	0,065	1,004	0,060 (0,032;0,091)	-38519.34
MD5	0,035	1,005	0,034 (0,009;0,058)	-43349.04
MD6	0,032	1,006	0,031 (0,008;0,059)	-46603.08
MD7	0,042	1,004	0,040 (0,014;0,069)	-35753.96

⁽¹⁾ MD: modelo.

⁽²⁾ HPD: high posterior density.

⁽³⁾ DIC: Deviance Information Criterion.

Para a estimativa dos parâmetros genéticos, é essencial garantir a conectividade entre os animais no conjunto de dados. Nesse contexto, Brzáková et al. (2020) estabeleceram dois tipos de GCs: rebanho-ano-estação de nascimento e rebanho-ano-estação do primeiro parto. Os GCs incluíram o efeito da fazenda, que pode ser conduzida sob diferentes condições naturais e de manejo. A estação foi definida como a combinação de três meses do ano, correspondendo às condições naturais: dezembro a fevereiro, março a maio, junho a agosto e setembro a novembro (Brzáková et al., 2020). No estudo realizado por Reese et al. (2020), o método de reprodução foi um dos fatores que influenciaram a mortalidade embrionária precoce. As taxas de perda

de prenhez foram de 32,2% em vacas inseminadas artificialmente após a expressão natural do estro, 49% em vacas submetidas à IATF e 54,6% em vacas que passaram pela transferência de embriões.

A adequada definição dos GCs, juntamente com a identificação dos fatores ambientais significativos, é essencial para proporcionar avaliações genéticas mais acuradas e para o sucesso dos programas de melhoramento genético animal, principalmente para características reprodutivas, que geralmente apresentam baixas estimativas de herdabilidade (Klápště et al., 2019). Um exemplo é a característica de probabilidade de perdas gestacionais, fortemente influenciada por fatores ambientais, manejo e nutrição. De acordo com Silva et al. (2020), a

fertilidade das fêmeas é determinada por uma complexa interação entre fatores ambientais e genéticos. Esses fatores influenciam a ocorrência de estros férteis durante a estação de monta, afetam a libido e a fertilidade do reprodutor e, até mesmo, o comportamento do bezerro durante o período de aleitamento.

Não houve diferenças significativas nas estimativas de herdabilidade entre os modelos MD1 (0,031) e MD6 (0,032) ao incluir ou não a covariável idade da vaca no diagnóstico de prenhez. Ao avaliar os modelos individualmente, o MD4, que considerou a combinação das variáveis fazenda, época do diagnóstico de prenhez e tipo de serviço como GCs, apresentou a maior estimativa de herdabilidade (0,060). Embora essa estimativa ainda seja classificada como de baixa magnitude, refletindo uma forte influência de fatores ambientais sobre a característica em questão, o modelo MD4 foi considerado o mais adequado entre os testados, devido à sua superior estimativa de herdabilidade e ao melhor ajuste das estimativas, evidenciado pelo baixo valor de DIC. Apesar de o MD4 não ter apresentado o menor valor de DIC, quando se considera tanto a herdabilidade quanto o DIC, este é o modelo que melhor capta a variabilidade genética da característica. Além disso, a inclusão do efeito fixo fora do GC, relacionado ao ano do diagnóstico de prenhez, teve um impacto significativo nas estimativas dos parâmetros avaliados.

Os modelos MD2, que utilizou a concatenação dos efeitos ANF, ED e TA, com a fazenda de diagnóstico de prenhez como efeito fixo fora do GC, e MD7, que combinou os efeitos fazenda e ANF, apresentaram a segunda maior estimativa de herdabilidade (0,045 e 0,040) e menores valores de DIC (-36.165,86 e -35.753,96), respectivamente. Ambos os modelos incluíram a idade da vaca no momento do diagnóstico de prenhez como covariável. De forma geral, o efeito da fazenda teve um papel crucial na formação dos GCs. Ao considerar o efeito da fazenda sobre o desempenho do animal, é importante reconhecer que a nutrição exerce um papel fundamental. Um adequado balanceamento nutricional, ajustado ao estado fisiológico do animal, aliado a um controle sanitário eficiente, promove o bem-estar animal e auxilia na prevenção de problemas reprodutivos.

Entre os tipos de acasalamento analisados na formação dos GCs e testados como efeito fixo nos modelos MD1, MD2, MD4 e MD6, destaca-se a IATF, uma estratégia que oferece diversas vantagens. Entre elas, ressalta-se a melhoria no controle zootécnico, pois essa biotecnologia permite a inseminação

de várias fêmeas em um período previamente determinado, eliminando a necessidade de observação do estro. Essa condição resulta na otimização do manejo reprodutivo (Tortorella et al., 2016; Bó et al., 2018; Negreiros et al., 2020) e contribui para o controle dos registros na propriedade, promovendo a seleção e o melhoramento genético. Além disso, possibilita a programação da data do parto, facilita a organização dos manejos e tem potencial para melhorar o retorno financeiro (Figueredo et al., 2019). Essas vantagens justificam a maior adoção dessa técnica nas fêmeas avaliadas, em comparação com outras práticas de acasalamento.

Diversos fatores influenciam o sucesso dos programas de sincronização da ovulação para a IATF em fêmeas. Entre os principais, destacam-se a condição corporal das fêmeas no primeiro dia do protocolo, as condições das instalações da fazenda, a habilidade do inseminador, a qualidade do sêmen e a escolha do touro (Sa Filho et al., 2009). Compreender os momentos em que ocorrem falhas reprodutivas, como a perda de gestação, é fundamental para que cientistas e produtores possam tomar decisões estratégicas de manejo (Reese et al., 2020).

O estudo de Reese et al. (2020) identificou períodos específicos de perda gestacional, como na fertilização, no estágio inicial do embrião e no estágio tardio do embrião e início do desenvolvimento fetal, com base nos momentos em que os diagnósticos de prenhez foram realizados. Contudo, os períodos fisiológicos do desenvolvimento da prenhez nem sempre coincidem com os momentos comuns de diagnóstico nos protocolos de manejo dos rebanhos (Reese et al., 2020).

Para alinhar melhor as avaliações com os períodos reais de desenvolvimento, o estudo de Reese et al. (2020) considerou dados de vários estudos, estabelecendo que o primeiro diagnóstico de prenhez em fêmeas de corte costuma ocorrer entre os dias 27 e 32 de gestação, seguido de um segundo diagnóstico entre os dias 60 e 100. Os dados de todos os estudos que realizaram diagnósticos no intervalo entre o estágio de transição do desenvolvimento embrionário para o fetal (dias 42 a 45) e o segundo diagnóstico de prenhez (dias 60 a 100) foram combinados para avaliar as falhas reprodutivas registradas nesse período. O estudo evidenciou que o momento em que o diagnóstico de gestação é realizado tem um impacto significativo nos registros de perdas embrionárias, destacando a importância de ajustar os protocolos de manejo a esses períodos críticos.

A identificação dos fatores embrionários e maternos na perda gestacional é essencial para

acelerar o ganho genético no desempenho reprodutivo (Shorten et al., 2015). O uso da genética populacional para avaliar esses efeitos em nível populacional desempenha um papel crucial nesse processo (Bamber et al., 2009; Shorten et al., 2015), uma vez que a fertilidade em bovinos é uma característica complexa e pouco explorada em termos dos efeitos maternos na sobrevivência embrionária.

Desde seu surgimento, os estudos sobre seleção genômica têm avançado rapidamente, evidenciando o grande potencial dessas ferramentas para a preservação de recursos genômicos valiosos, especialmente em rebanhos de gado leiteiro. Essas tecnologias podem evoluir para métodos inovadores que acelerem a seleção, a reprodução e o aprimoramento de características produtivas e reprodutivas desejáveis (Gutierrez-Reinoso et al., 2021).

Estudos conduzidos por Segelke et al. (2016) indicam que, com o aumento do número de vacas genotipadas e a possibilidade de rebanhos inteiramente genotipados no futuro, o controle de genótipos na avaliação genômica pode atuar como um sistema eficaz para monitorar características genéticas. O uso da genômica permite melhorar as estimativas dos componentes de variância e herdabilidade de características importantes. Com o auxílio dos polimorfismos de nucleotídeo único (SNPs), é possível identificar, com maior precisão, os efeitos genéticos, reduzindo a influência de fatores ambientais e proporcionando uma avaliação mais precisa do potencial genético dos animais.

Conclusão

Com base nos modelos utilizados no estudo e nos efeitos testados, tanto fixos quanto aleatórios, que resultaram em baixa herdabilidade, conclui-se que a característica estudada – perdas gestacionais em novilhas da raça Nelore desafiadas precocemente – é fortemente influenciada pelos fatores ambientais aos quais as fêmeas foram expostas durante o período analisado. O modelo MD4, que incluiu os efeitos de fazenda, época do diagnóstico de gestação e tipo de acasalamento no GC, além do efeito fixo de ano do diagnóstico de prenhez e da covariável idade da vaca (linear) fora do GC, foi o mais adequado. Esse modelo apresentou a maior estimativa de herdabilidade e o menor DIC, ajustando-se melhor à realidade do estudo. Esses fatores afetam a tolerância térmica dos indivíduos e suas características fisiológicas, mesmo considerando a reconhecida resistência da raça às variações ambientais. Estudos futuros utilizando ferramentas genômicas podem aprimorar as estimativas dos

componentes de variância e de herdabilidade da característica, uma vez que o uso de SNPs permite identificar com maior precisão os efeitos genéticos, reduzindo a influência dos fatores ambientais e possibilitando uma avaliação mais acurada do potencial genético dos animais.

Referências

- ABIEC (Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne). **Beef REPORT**: perfil da pecuária no Brasil 2024.
- ASBIA (Associação Brasileira de Inseminação Artificial). **INDEX ASBIA**: 1º semestre 2024. CEPEA. Disponível em: https://asbia.org.br/wpcontent/uploads/Index/Index_ASBIA_1Sem_2024.pdf. Acesso em: 10 out. 2025.
- AONO, F. H.; COOKE, R. F.; ALFIERI, A. A.; VASCONCELOS, J. L. M. Effects of vaccination against reproductive diseases on reproductive performance of beef cows submitted to fixed-timed AI in Brazilian cow-calf operations. **Theriogenology**, v. 79, n. 2, p. 242-248, 2013.
- AROEIRA, J. A.D. C.; ROSA, A. N. Desempenho reprodutivo de um rebanho Nelore criado no planalto sul-matogrossense. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 17, n. 2, p. 337-343, 1982.
- BÓ, G. A.; HUGUENINE, E.; DE LA MATA, J. J.; NÚÑEZ-OLIVERA, R.; BARUSELLI, P. S.; MENCHACA, A. Programs for fixed-time artificial insemination in South American beef cattle. **Animal Reproduction**, v. 15, p. 952-962, 2018.
- BRZÁKOVÁ, M.; ČÍTEK, J.; SVITÁKOVÁ, A.; VESELÁ, Z.; VOSTRÝ, L. Genetic parameters for age at first calving and first calving interval of beef cattle. **Animals**, v.10, n. 11, p. 1-11, 2020.
- BUZANSKAS, M. E.; GROSSI, D. do A.; VENTURA, R. V.; SCHENKEL, F. S.; CHUD, T. C. S.; STAFUZZA, N. B.; ROLA, L. D.; MEIRELLES, S. L. C.; MOKRY, F. B.; MUDADU, M. de A.; HIGA, R. H.; DA SILVA, M. V. G. B.; DE ALENCAR, M. M.; REGITANO, L. C. de A.; MUNARI, D. P. Candidate genes for male and female reproductive traits in Canchim beef cattle. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v. 8, n. 1, 2017.
- CLAUS, L. A. M.; JÚNIOR, C. K.; ROSO, V. M.; BORGES, M. H. F.; BARCELLOS, J. O. J.; RIBEIRO, E. L. de A. Genetic parameters of age at first calving, weight gain, and visual scores in Nelore heifers. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 46, n. 4, p. 303-308, 2017.
- CAMARGO, L. S. A.; SARAIVA, N. Z.; OLIVEIRA, C. S.; CARMICKLE, A.; LEMOS, D. R.; SIQUEIRA, L. G. B.; DENICOL, A. C. Perspectives of gene editing for cattle farming in tropical and subtropical regions. **Animal Reproduction**, v. 19, n. 4, 2022.

- CARVALHO, T. B. de; ZEN, S. de. A cadeia de Pecuária de Corte no Brasil: evolução e tendências. **Revista IPecege**, v. 3, n. 1, p. 85-99, 2017.
- DISKIN, M. G.; SREENAN, J. M. Fertilization and embryonic mortality rates in beef heifers after artificial insemination. **Journal of Reproduction and Fertility**, v. 59, p. 463-468, 1980.
- DUNNE, L. D.; DISKIN, M. G.; SREENAN, J. M. Embryo and foetal loss in beef heifers between day 14 of gestation and full term. **Animal Reproduction Science**, v. 58, n. 1/2, p. 39-44, Feb. 2000.
- ESTILL, C. T. Initiation of Puberty in Heifers. In: HOPPER, R. M. (ed.). **Bovine Reproduction**. 2nd. ed. Hoboken: Wiley-Blackwell, 2021.
- FERRAZ, M. V. C.; PIRES, A. V.; SANTOS, M. H.; SILVA, R. G.; OLIVEIRA, G. B.; POLIZEL, D. M.; BIEHL, M. V.; SARTORI, R.; NOGUEIRA, G. P. A combination of nutrition and genetics is able to reduce age at puberty in Nelore heifers to below 18 months. **Animal**, v. 12, n. 3, p. 569-574, 2018.
- FRANCO, G.; REESE, S.; POOLE, R.; RHINEHART, J.; THOMPSON, K.; COOKE, R.; POHLER, K. Sire contribution to pregnancy loss in different periods of embryonic and fetal development of beef cows. **Theriogenology**, v. 154, p. 84-91, 2020.
- GUTIERREZ-REINOSO, M. A.; APONTE, P. M.; GARCIA-HERREROS, M. Genomic analysis, progress and future perspectives in dairy cattle selection: A review. **Animals**, v. 11, n. 3, p. 1-21, 2021.
- KLÁPŠTĚ, J.; SUONTAMA, M.; DUNGEY, H. S.; TELFER, E. J.; STOVOLD, G. T. Modelling of population structure through contemporary groups in genetic evaluation. **BMC Genetics**, v. 20, n. 1, 2019.
- MAURER, R. R.; CHENAULT, J. R. Fertilization failure and embryonic mortality in parous and nonparous beef cattle. **Journal of Animal Science**, v. 56, p. 1186-1189, 1983.
- NEGREIROS, M. P. M.; SEUGLING, G. H. F.; ALMEIDA, A. B. M.; HIDALGO, M. M. T.; MARTINS, M.; ISABEL, M.; BLASCHI, W.; BARREIROS, T. R. R. Influence of nutritional and ovarian parameters on pregnancy rates of Nelore cows artificially inseminated at fixed time. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 9, p. 1-18, 2020.
- NEVES, G. V. S.; SOUSA JÚNIOR, J. C.; FURQUIM, M. G. D.; CRUZ, S. J. S. Bovinocultura de corte no Brasil: uma revisão sistemática de literatura. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v. 13, n. 6, p. 277-293, 2022.
- POHLER, K. G.; PERES, R. F. G.; GREEN, J. A.; GRAFF, H.; MARTINS, T.; VASCONCELOS, J. L. M.; SMITH, M. F. Use of bovine pregnancy-associated glycoproteins to predict late embryonic mortality in postpartum Nelore beef cows. **Theriogenology**, v. 85, n. 9, p. 1652-1659, 2016.
- POHLER, K. G.; REESE, S. T.; FRANCO, G. A.; OLIVEIRA FILHO, R. V.; PAIVA, R.; FERNÁNDEZ, L.; MELO, G.; VASCONCELOS, J. L. M.; COOKE, R. AND POOLE, R. K. New approaches to diagnose and target reproductive failure in cattle. **Animal Reproduction**, v. 17, e20200057, 2020.
- RANI, P.; DUTT, R.; SINGH, G.; CHANDOLIA, R. K. Embryonic Mortality in Cattle - A Review. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 7, n. 7, p. 1501-1516, 2018.
- R CORE Team. R: a language and environment for statistical computing. Viena: R Foundation for Statistical Computing, 2024. Versão 4.2.1. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 10 set. 2024
- REESE, S. T.; FRANCO, G. A.; POOLE, R. K.; HOOD, R.; FERNADEZ MONTERO, L.; OLIVEIRA FILHO, R. V.; COOKE, R. F.; POHLER, K. G. Pregnancy loss in beef cattle: A meta-analysis. **Animal Reproduction Science**, v. 212, 2020.
- SCHMIDT, P. I.; CAMPOS, G. S.; LÔBO, R. B.; SOUZA, F. R. P.; BRAUNER, C. C.; BOLIGON, A. A. Genetic analysis of age at first calving, accumulated productivity, stayability and mature weight of Nellore females. **Theriogenology**, v. 1, n. 108, p. 81-87, 2018.
- SEGELKE, D.; TÄUBERT, H.; REINHARDT, F.; THALLER, G. Considering genetic characteristics in German Holstein breeding programs. **Journal of Dairy Science**, v. 99, n. 1, p. 458-467, 2016.
- SHORTEN, P. R.; MORRIS, C. A.; CULLEN, N. G. The effects of age, weight, and sire on pregnancy rate in cattle. **Journal of Animal Science**, v. 93, n. 4, p. 1535-1545, 2015.
- SILVA NETO, J. B.; PERIPOLLI, E.; DA COSTA E SILVA, E. V.; ESPIGOLAN, R.; NEIRA, J. D. R.; SCHETTINI, G.; DA COSTA FILHO, L. C. C.; BARBOSA, F. B.; MACEDO, G. G.; COSTA-BRUNES, L.; LOBO, R. B.; PEREIRA, A. S. C.; BALDI, F. Genetic correlation estimates between age at puberty and growth, reproductive, and carcass traits in young Nelore bulls. **Livestock Science**, v. 241, Nov. 2020.
- SPIEGELHALTER, D. J.; BEST, N. G.; CARLIN, B. P.; VAN DER LINDE, A. Bayesian measures of model complexity and fit. **Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Statistical Methodology)**, v. 64, n. 4, p. 583-639, 2002.
- TERTO E SOUSA, G. G.; CAVALCANTE DE SOUSA JÚNIOR, S.; KARINA; SANTOS, R., ELIVALTO, J.; GUIMARÃES, C.; SYLLAS,

C.; LUZ, M.; PEREIRA, C.; JÚNIOR, B.; WÉVERTON, FONSECA, J. L. Características reprodutivas de bovinos da raça Nelore do meio Norte do Brasil. **PUBVET: Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 6, n. 21, 2016.

TORTORELLA, R. D.; MODESTO, M. R.; NEVES, J. P.; RAMOS, A. F. Development of fixed-time artificial insemination protocols for locally adapted Curraleiro Pé-Duro cows. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 68, n. 5, p. 1159-1167, 2016.

WIJMA, R.; WEIGEL, D. J.; VUKASINOVIC, N.; GONZALEZ-PEÑA, D.; MCGOVERN, S. P.; FESSENDEN, B. C.; MCNEEL, A. K.; DI CROCE, F. A. Genomic Prediction for Abortion in Lactating Holstein Dairy Cows. **Animals**, v. 12, n. 16, 2022.

YENER, S.; PACHECO-PAPPENHEIM, S.; HECK, J. M. L.; VAN VALENBERG, H. J. F. Seasonal variation in the positional distribution of fatty acids in bovine milk fat. **Journal of Dairy Science**, v. 104, n. 12, p. 12274-12285, 2021.