

PARÂMETROS GENÉTICOS PARA PRODUÇÃO *IN VITRO* DE EMBRIÕES E TAXA DE PRENHEZ EM BOVINOS GIR LEITEIRO POR INFERÊNCIA BAYESIANA

Genetic Parameters for in Vitro Embryo Production and Pregnancy Rate in Dairy Gir Using Bayesian Inference

Lucas Reis Lopes¹

Fernanda Ribeiro Dias Tiburcio²

Luis Guilherme Pereira dos Santos³

Jaime Araujo Cobuci⁴

Júlia Machado Martins⁵

Marina Mortati Dias Barbero⁶

Elisandra Lurdes Kern⁷

Resumo

As estimativas dos parâmetros genéticos permitem quantificar a influência dos efeitos genéticos e ambientais sobre características de interesse econômico. Na produção *in vitro* de embriões (PIVE), características como o número e a porcentagem de embriões viáveis (EV e PEV) e número e porcentagem de prenhez (PR e PPR) podem ser utilizadas para medir a eficiência reprodutiva de doadoras. Objetivou-se estimar componentes de variância e parâmetros genéticos para essas características em bovinos Gir Leiteiro por meio da inferência Bayesiana. Foram analisadas 16.806 sessões de aspiração folicular realizadas em 4.071 doadoras de seis rebanhos de Minas Gerais entre 2005 e 2024. As análises foram conduzidas utilizando os programas do pacote BLUPF90, empregando modelos animais unicaracterísticos para medidas repetidas. As características EV e PR apresentaram elevada variabilidade fenotípica, com coeficientes de variação superiores a 100%. As estimativas de herdabilidade (h^2) foram de 0,18, 0,11, 0,10 e 0,01, para EV, PEV, PR e PPR, respectivamente. A repetibilidade (r) variou de 0,02 para PPR e 0,35 para EV. As características expressas em números absolutos apresentaram maiores estimativas de h^2 e r que as características percentuais. Conclui-se que EV apresenta maior potencial de resposta à seleção, constituindo uma característica promissora para aumentar a eficiência da PIVE em bovinos Gir Leiteiro.

Palavras-chave: Bos indicus. Eficiência reprodutiva. Herdabilidade. Repetibilidade. Seleção genética.

Abstract

Genetic parameter estimates allow the quantification of the influence of genetic and environmental effects on economically important traits. In vitro embryo production (IVEP) traits, such as the number and percentage of viable embryos (VE and PVE) and the number and percentage of pregnancies (PR and PPR), can be used to assess the reproductive efficiency of donor cows. The objective of this study was to estimate variance components and genetic parameters for these traits in Gyr dairy cattle using Bayesian inference. A total of 16,806 ovum pick-up (OPU) sessions from 4,071 donor cows belonging to six herds in Minas Gerais, Brazil, between 2005 and 2024 were analyzed. Analyses were conducted using the BLUPF90 software package, applying single-trait animal models for repeated measures. The traits VE and PR showed high phenotypic variability, with coefficients of variation exceeding 100%. Heritability estimates (h^2) were 0.18, 0.11, 0.10, and 0.01 for VE, PVE, PR, and PPR, respectively. Repeatability (r) ranged from 0.02 for PPR to 0.35 for VE. Traits expressed as absolute numbers showed higher heritability and repeatability estimates than percentage traits. It was concluded that VE has the greatest potential for selection response, representing a promising trait for improving the efficiency of IVEP in Gyr dairy cattle.

^{1,2,3 e 5} Graduandos em Zootecnia na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; ⁴Departamento de Zootecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul; ^{6 e 7}Docente no Departamento de Genética da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Keywords: *Bos indicus*. Genetic selection. Heritability. Reproductive efficiency. Repeatability.

1. Introdução

Os parâmetros genéticos são fundamentais nos programas de melhoramento genético animal, pois permitem quantificar a influência dos efeitos genéticos e ambientais sobre características de interesse. Entre eles, destaca-se a herdabilidade (h^2), que quantifica a proporção da variação fenotípica atribuída aos efeitos genéticos aditivos; e a repetibilidade (r), que indica a consistência do desempenho de um indivíduo ao longo de avaliações sucessivas.

No contexto da produção *in vitro* de embriões (PIVE), o número de embriões viáveis (EV) e o número de prenhez (PR) são características importantes por influenciarem a eficiência dos programas de multiplicação genética (VIZONÁ et al., 2020; FELTES et al., 2022). Entre elas, a PR se destaca por representar o sucesso da PIVE, refletindo a capacidade dos embriões produzidos de resultar em gestações viáveis após a transferência.

A raça Gir Leiteiro apresenta elevada eficiência na PIVE, devido à sua maior população folicular e capacidade de produção oocitária quando comparada a raças taurinas, resultando em maior número de oócitos e embriões produzidos (PONTES et al., 2010). Entretanto, o desempenho da PIVE é influenciado por fatores ambientais, como a nutrição da doadora (SALES et al., 2015), estresse térmico (FELTES et al., 2024), idade e estação do ano (COELHO et al., 2025a), além de fatores genéticos.

Estudos realizados com bovinos Gir e Holandês demonstraram a existência de variabilidade genética para EV, com estimativas de h^2 variando de 0,02 (VIZONÁ et al., 2020) a 0,42 (COELHO et al., 2025b), indicando potencial de resposta à seleção. Para PR, estimativas de h^2 entre 0,02 e 0,15 foram relatadas em bovinos Senepol e Nelore (PINHEIRO et al., 2024). Na raça Gir Leiteiro, Coelho (2025) observou variabilidade genética para essas características utilizando a metodologia REML, com $h^2 = 0,18 \pm 0,03$ (EV) e $0,10 \pm 0,02$ (PR).

Objetivou-se utilizar a inferência Bayesiana para estimar componentes de variância, herdabilidade e repetibilidade para o número e porcentagem de embriões viáveis (EV e PEV, respectivamente) e número e porcentagem de prenhez (PR e PPR, respectivamente) em bovinos da raça Gir Leiteiro.

2. Materiais e métodos

Foram avaliadas 16.806 aspirações foliculares (OPU) realizadas em 4.071 doadoras Gir Leiteiro de seis rebanhos do estado de Minas Gerais, entre março de 2005 e outubro de 2024. No

XVIII CURSO DE INVERNO DE GENÉTICA – FCAV/UNESP

momento da OPU, as doadoras apresentavam idade entre 7 e 251 meses, sendo utilizado o sêmen comercial de 240 touros (Gir e Holandês).

A PEV foi calculada em relação ao número de oócitos viáveis (OV) e a PPR em relação ao número de embriões transferidos.

Para controle de qualidade, foram excluídos registros em que o número total de embriões transferidos era igual a 0, o que indica que não houve transferência de embriões, consequentemente resultaria em zero de prenhez. Além dos registros com data de coleta antes da data de nascimento da doadora, assim como registros de anos e fazendas com poucas observações. Os grupos contemporâneos (GC) foram definidos pela combinação de rebanho e ano de coleta, sendo excluídos aqueles com menos de cinco observações. Após o controle, o arquivo de pedigree utilizado apresentou 10.330 indivíduos, destes 3.588 eram doadoras, filhas de 334 touros e 1.908 vacas.

Para atender pressupostos de normalidade de um modelo linear misto, as características de contagem (EV, PR) foram submetidas à transformação logarítmica ($\log_{10}[x+1,001]$). Enquanto para as de porcentagem (PEV, PPR) foi aplicada a transformação arco-seno, em que x é igual a característica em sua escala original (antes das transformações).

Os componentes de variância foram obtidos por meio de um modelo animal unicaracterístico com medidas repetidas, utilizando como efeitos fixos: o GC, a estação da coleta, o touro utilizado na inseminação, o número de coletas por animal, o intervalo entre coletas e a idade da doadora como covariável, e como efeitos aleatórios: o efeito animal, do ambiente permanente e residual. Esse modelo é representado na forma matricial como: $\mathbf{y} = \mathbf{Xb} + \mathbf{Z}_1\mathbf{u} + \mathbf{Z}_2\mathbf{pe} + \mathbf{e}$, em que $\mathbf{y}$ é vetor das características transformadas; $\mathbf{b}$ vetor de efeitos fixos; $\mathbf{u}$ vetor dos efeitos genéticos aditivos de animal; $\mathbf{pe}$ vetor de efeitos aleatórios de ambiente permanente; $\mathbf{e}$ vetor de efeitos residuais; $\mathbf{X}$, $\mathbf{Z}_1$ e $\mathbf{Z}_2$ as matrizes de incidência relacionando os registros aos efeitos fixos e aleatórios.

As estimativas dos componentes de variância, herdabilidade e repetibilidade foram obtidas por inferência Bayesiana utilizando os programas RENUMF90, GIBBSF90+ e POSTGIBBSF90 do pacote BLUPF90 (MISZTAL et al., 2002). As análises foram realizadas por meio de amostragem de Gibbs em modelo unicaracterístico, considerando uma cadeia de Markov Monte Carlo com comprimentos e períodos de descarte definidos com base em Perez et al. (2016) e Vizoná et al. (2020). A convergência das cadeias foi avaliada pelo critério de Geweke (1992).

3. Resultados e discussão

XVIII CURSO DE INVERNO DE GENÉTICA – FCAV/UNESP

A característica EV apresentou média de $4,53 \pm 4,57$ e coeficiente de variação (CV) de aproximadamente 101%, enquanto PR exibiu média de $1,98 \pm 2,22$ e CV de 112,1%. Para as características percentuais, PEV e PPR, as médias foram de $20,99 \pm 17,12\%$ e $40,74 \pm 33,95\%$, respectivamente. Os elevados CV observados indicam ampla variação entre as doadoras, sugerindo influência conjunta de fatores genéticos e ambientais sobre a produção de embriões viáveis e o sucesso da prenhez.

Para embriões viáveis, o número de embriões viáveis (EV) apresentou as maiores estimativas de herdabilidade ($h^2 = 0,18$) e repetibilidade ($r = 0,35$), evidenciando maior controle genético e maior potencial de ganho por seleção. Por outro lado, a porcentagem de embriões viáveis (PEV) apresentou estimativas inferiores de herdabilidade ($h^2 = 0,11$) e repetibilidade ($r = 0,22$), indicando maior influência ambiental na determinação do fenótipo.

Para as características relacionadas à prenhez, PR apresentou h^2 de 0,10 e r de 0,18, evidenciando potencial limitado, porém existente, para resposta à seleção. Em contraste, a PPR apresentou estimativas ainda mais baixas para h^2 (0,01) e r (0,02), sugerindo baixa influência genética aditiva e elevada de fatores ambientais. A baixa repetibilidade observada indica reduzida consistência do desempenho das doadoras entre avaliações sucessivas. As estimativas obtidas para todas as características avaliadas foram semelhantes às reportadas por Coelho (2025), utilizando a metodologia REML.

TABELA 1 – Estimativas dos componentes de variância, herdabilidade (h^2) e repetibilidade (r) para as características de embriões viáveis e prenhez em bovinos Gir Leiteiro.

Características	σ_a^2	σ_{pe}^2	σ_e^2	h^2	r
EV	0.0241 (0.02 – 0.03)	0.0225 (0.02 – 0.02)	0.0877 (0.09 – 0.09)	0.18 (0.12 – 0.24)	0.35 (0.32 – 0.37)
PEV	0.0072 (0.00 – 0.01)	0.0070 (0.00 – 0.01)	0.0487 (0.05 – 0.05)	0.11 (0.06 – 0.16)	0.22 (0.20 – 0.25)
PR	0.0078 (0.00 – 0.01)	0.0058 (0.00 – 0.01)	0.0638 (0.06 – 0.07)	0.10 (0.06 – 0.14)	0.18 (0.15 – 0.20)
PPR	0.0035 (0.00 – 0.01)	0.0021 (0.00 – 0.00)	0.2308 (0.22 – 0.24)	0.01 (0.00 – 0.03)	0.02 (0.01 – 0.04)

EV = Número de embriões viáveis; PEV = Porcentagem de embriões viáveis; PR = Número de prenhez; PPR = Porcentagem de prenhez; σ_a^2 = variância genética aditiva; σ_{pe}^2 = variância do ambiente permanente; σ_e^2 = variância residual. Valores entre parênteses são os intervalos de credibilidade de 95% com limites superiores e inferiores.

As características expressas em números absolutos (EV e PR) apresentaram maiores estimativas de h^2 e r do que as características percentuais (PEV e PPR), indicando maior resposta à seleção. Dentre elas, EV destacou-se como a característica mais promissora para utilização em programas de melhoramento genético visando aumentar a eficiência da produção *in vitro* de embriões em bovinos Gir Leiteiro.

4. Conclusão

Os resultados demonstram que o número de embriões viáveis é a característica mais indicada para uso em programas de melhoramento genético voltados à PIVE em bovinos Gir Leiteiro. Assim, a seleção de doadoras com maiores valores genéticos para EV pode promover ganhos genéticos acumulativos e aumentar a eficiência dos programas de multiplicação genética.

Referências

- COELHO, L. A. S.; Fatores Ambientais e Genéticos Relacionados à Produção In Vitro de Embriões na Raça Gir Leiteiro. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica. 2025a.
- COELHO, L. A. S. et al. Environmental factors influence in vitro embryo production of Gir cattle. *Theriogenology*, v. 246, p. 117558, 15 out. 2025b
- FELTES, Giovani Luis *et al.* Genetic evaluation of oocyte and embryo production in dairy Gir cattle using repeatability and random regression models. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 51, p. e20220017, 2022.
- FELTES, Giovani Luis *et al.* Impact of heat stress on genetic evaluation of oocyte and embryo production in Gir dairy cattle. *Tropical Animal Health and Production*, v. 56, n. 1, p. 7, jan. 2024.
- GEWEKE J. Evaluating the accuracy of sampling-based approaches to the calculation of posterior moments. In: Bernardo JM, Berger JO, Dawid AP, Smith AFM, editors. *Bayesian statistics 4*, vols. 625-631. Oxford: Clarendon; 1992.
- MISZTAL, I. et al. BLUPF90 and related programs (BGF90). In: *Proceedings of the 7th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production*. Montpellier, France, 2002.
- PEREZ, B.C., Baldi, F., Albuquerque, L.G., Lôbo, R.B., Peixoto, M.G.C.D., 2016. Genetic analysis of oocyte and embryo production traits in Guzará breed donors and their associations with age at first calving. *Genet. Mol. Res.* 15, 1–13.
- PINHEIRO, A. K.; SOUSA, M. B.; ROCHA, L. G.; BARBOSA, T. M. Parâmetros genéticos da produção in vitro de embriões das raças Nelore e Senepol. *Ciência Animal Brasileira*, v. 25, e-77620P, 2024.
- PONTES, J. H. F.; NONATO-JUNIOR, I.; SANCHES, B. V.; ERENO, R. L.; UVO, S.; BARREIROS, T. R. R.; OLIVEIRA, J. A.; HASLER, J. F.; SENEDA, M. M. Large-scale in vitro embryo production and pregnancy rates from *Bos taurus*, *Bos indicus* and *Bubalus bubalis* donors in Brazil. *Theriogenology*, v. 74, n. 8, p. 1338–1345, 2010.
- SALES, J.N.S., Iguma, L.T., Batista, R.I.T.P., Quintão, C.C.R., Gama, M.A.S., Freitas, C., Pereira, M.M., Camargo, L.S.A., Viana, J.H.M., Souza, J.C., Baruselli, P.S., 2015. Effects of a high-energy diet on oocyte quality and in vitro embryo production in *Bos indicus* and *Bos taurus* cows. *J. Dairy Sci.* 98, 3086–3099.
- VIZONÁ, Rafael Guimarães *et al.* Genetic analysis of in-vitro embryo production traits in Dairy Gir cattle. *Theriogenology*, v. 148, p. 149–161, 2020.