

15º Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP - 2024

IMPACTO DAS VARIAÇÕES NAS FUNÇÕES DE (CO)VARIÂNCIA NA EVOLUÇÃO DOS COEFICIENTES DAS NORMAS DE REAÇÃO EM REBANHOS BOVINOS SIMULADOS

LUIZ FELIPPE CASTRO NETO¹, JOSÉ MATHEUS L. DE MEDEIROS², NEWTON T. PEGOLO³

¹Graduando em Engenharia de Biossistemas, Bolsista PIBIFSP, IFSP, Câmpus Avaré, felippe.castro@aluno.ifsp.edu.br

²Graduando em Engenharia de Biossistemas, Bolsista CNPq, IFSP, Câmpus Avaré, jose.medeiros@aluno.ifsp.edu.br

³Orientador Docente em Engenharia de Biossistemas, IFSP, Câmpus Avaré, newton.pegolo@ifsp.edu.br

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 5.04.02.00-5 Genética e Melhoramento dos Animais Domésticos.

RESUMO: Este estudo teve como objetivo analisar o impacto das variações nos componentes da matriz de (co)variância na evolução dos coeficientes das normas de reação em rebanhos bovinos, utilizando simulações computacionais. A Modelagem Baseada em Agentes foi implementada em software desenvolvido na plataforma NetLogo, simulando populações bovinas em diferentes ambientes, sendo aplicada intensidades diferenciadas de seleção em machos e fêmeas ao longo de 100 gerações. Simulações com variações nas matrizes de (co)variância foram testadas utilizando o intervalo de desvio-padrão associado às distribuições de probabilidade das estimações desses valores. Os resultados indicaram que as variações nas matrizes podem influenciar significativamente a trajetória dos coeficientes das normas de reação, particularmente dos coeficientes de inclinação das normas em machos e fêmeas e em cenários de seleção intensa e ambientes extremos. Esses achados são relevantes para o desenvolvimento de estratégias de melhoramento genético que considerem a incerteza nas estimativas de (co)variância e o dimorfismo sexual, contribuindo para uma maior precisão na seleção de características de interesse econômico.

PALAVRAS-CHAVE: modelagem computacional; genética quantitativa; simulação de rebanhos; variação de (co)variância; seleção animal.

IMPACT OF VARIATIONS IN (CO)VARIANCE FUNCTIONS ON THE EVOLUTION OF REACTION NORM COEFFICIENTS IN SIMULATED CATTLE HERDS

ABSTRACT: This study aimed to analyze the impact of variations in the components of the (co)variance matrix on the evolution of reaction norm coefficients in cattle herds, using computer simulations. Agent-Based Modeling was implemented in software developed on the NetLogo platform, simulating cattle populations in different environments, with varying intensities of selection applied to males and females over 100 generations. Simulations with variations in the (co)variance matrices were tested using the standard deviation interval associated with the probability distributions of these estimations. The results indicated that variations in the matrices can significantly influence the trajectory

of the reaction norm coefficients, particularly the slope coefficients in males and females and in scenarios of intense selection and extreme environments. These findings are relevant for the development of genetic improvement strategies that consider the uncertainty in (co)variance estimates and sexual dimorphism, contributing to greater accuracy in the selection of traits of economic interest.

KEYWORDS: computational modeling; quantitative genetics; herd simulation; (co)variance variation; animal selection.

INTRODUÇÃO

O melhoramento genético é uma atividade de fundamental importância na bovinocultura, sendo que novas tecnologias têm sido utilizadas para a identificação e seleção de animais com diferencial genético. A predição de valores genéticos por meio das equações do modelo misto tem sido amplamente empregada na seleção de indivíduos com alto potencial produtivo, integrando informações genealógicas e fenotípicas. No entanto, a interação genótipo-ambiente (IGA) vem sendo negligenciada em muitos programas de avaliação genética. A IGA refere-se à resposta diferenciada de genótipos a variações ambientais e é um fator crucial na precisão das avaliações genéticas.

Modelos de normas de reação adaptativa, que consideram os valores genéticos como funções do ambiente, têm se mostrado úteis na consideração da IGA. Embora estudos anteriores tenham aplicado essa metodologia para diversas características em bovinos, poucos resultados têm influenciado os programas de melhoramento. Uma abordagem inovadora que tem sido explorada é a Modelagem Baseada em Agentes, que permite simular interações complexas entre indivíduos e o ambiente.

Este estudo investigou o impacto das variações na matriz de (co)variância responsável pela geração da primeira população em simulações de rebanhos bovinos, bem como suas implicações na evolução dos coeficientes de nível e inclinação das normas de reação para machos e fêmeas. A matriz de (co)variância foi estimada com base em valores médios, na forma usual, mas também considerou suas variações dentro de um intervalo de confiança com o intuito de revelar efeitos prováveis na trajetória evolutiva dos rebanhos simulados.

MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa utilizou Modelagem Baseada em Agentes por meio de um software elaborado na plataforma NetLogo para simular a evolução de rebanhos bovinos ao longo de 100 gerações. A matriz de (co)variância inicial (Tabela 1) foi estimada a partir de pesos ajustados de animais aos 450 dias fornecidos pela Associação Brasileira de Criadores de Zebu (ABCZ), separando-os por sexo e considerando efeitos fixos, como estação de nascimento e manejo. Cada simulação modelou duas subpopulações em ambientes independentes, utilizando uma matriz de (co)variância, conforme descrito por Pegolo et al. (2011), adaptada para modelo animal. Variou-se cada componente da matriz dentro de um intervalo definido pelos intervalos de Maior Densidade Posterior (HPD - Highest Probability Density), verificando-se os efeitos dessas variações na trajetória dos coeficientes de nível e inclinação das normas de reação para cada sexo. Foi mantida fixa a estrutura de correlação entre os parâmetros ao longo da simulação.

Tabela 1: Valores dos parâmetros de entrada para a matriz de coeficientes da função de covariância (G) das simulações, baseados nos valores estimados dos rebanhos Nelore brasileiros.

Parâmetro	Valor Médio	HPD - Intervalo (95%)	
		Valor Mínimo (MIN)	Valor Máximo (MAX)
InitialAm_VAR	554,89	498,30	614,60
AmAf_COVAR_Initial	463,39	426,60	501,90
AmBm_COVAR_Initial	60,520	40,220	81,070
AmBf_COVAR_Initial	2,8214	-15,760	21,290
InitialAf_VAR	462,15	420,00	503,40
AfBm_COVAR_Initial	43,976	24,890	64,280
AfBf_COVAR_Initial	10,066	-5,2740	27,430
InitialBm_VAR	25,452	15,300	34,750
BmBf_COVAR_Initial	19,763	11,000	28,570
InitialBf_VAR	30,013	21,100	40,470

As simulações foram realizadas para intensidades de seleção heterogêneas (10% e 80% de descarte para fêmeas e machos, respectivamente) e 6 combinações de ambientes (entre desfavorável, intermediário e favorável). Foram realizados 20 experimentos, cada um com 100 gerações, repetidos 100 vezes, considerando as variações mínimas (MIN) e máximas (MAX) para o intervalo de HPD de cada componente da matriz. Durante alguns experimentos, ocorreram erros na execução. Tais erros eram esperados, pois a modificação "ceteris paribus" de cada parâmetro da matriz de covariância não garante que ela permaneça positiva definida.

Para tentar corrigir esses erros, optou-se por aplicar frações da distância entre os novos valores e a média. Para organizar os experimentos bem-sucedidos de acordo com o número de alterações necessárias, foi criada uma tabela (Tabela 2).

Tabela 2: Valores utilizados como entradas nas diferentes tentativas (como MIN e MAX do intervalo de Maior Densidade de Probabilidade - HPD) realizadas com sucesso para parâmetros da função de covariância e seu cálculo respectivo.

Parâmetro	HPD	Valor Utilizado	Descrição
InitialAm VAR	MIN	526,595	1/2 MIN
AmAf_COVAR_Initial	MAX	482,645	1/2 MAX
AmBm_COVAR_Initial	MAX	65,658	1/4 MAX
AmBf_COVAR_Initial	MIN	-6,469	1/2 MIN
AfBm_COVAR_Initial	MIN	34,433	1/2 MIN
AfBf_COVAR_Initial	MAX	18,746	1/2 MAX
InitialBm_VAR	MIN	22,914	1/4 MIN
BmBf_COVAR_Initial	MAX	21,965	1/4 MAX

Observa-se que, de acordo com a Tabela 2, nem todas as rodadas foram possíveis com os valores extremos de HPD, como era esperado. As descrições apresentam o cálculo pré definido dos novos valores de entrada com base nas divisões propostas (1/2 ou 1/4), onde os valores possíveis representam o novo valor de entrada que possibilitou a execução do experimento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados (Figura 1) mostraram que as variações na matriz de (co)variância influenciaram significativamente a evolução das trajetórias dos coeficientes de inclinação das normas de reação na comparação entre os sexos (NBm_VAL x NBf_VAL), especialmente sob condições de seleção com intensidades heterogêneas nos diferentes sexos. Em cenários de variação mínima, os coeficientes apresentaram trajetórias com menor deslocamento em relação à média, afetando minimamente o dimorfismo para a adaptabilidade. No entanto, quando as variações máximas foram consideradas, observou-se um deslocamento maior das trajetórias, implicando em trajetórias com dimorfismo também diferenciado.

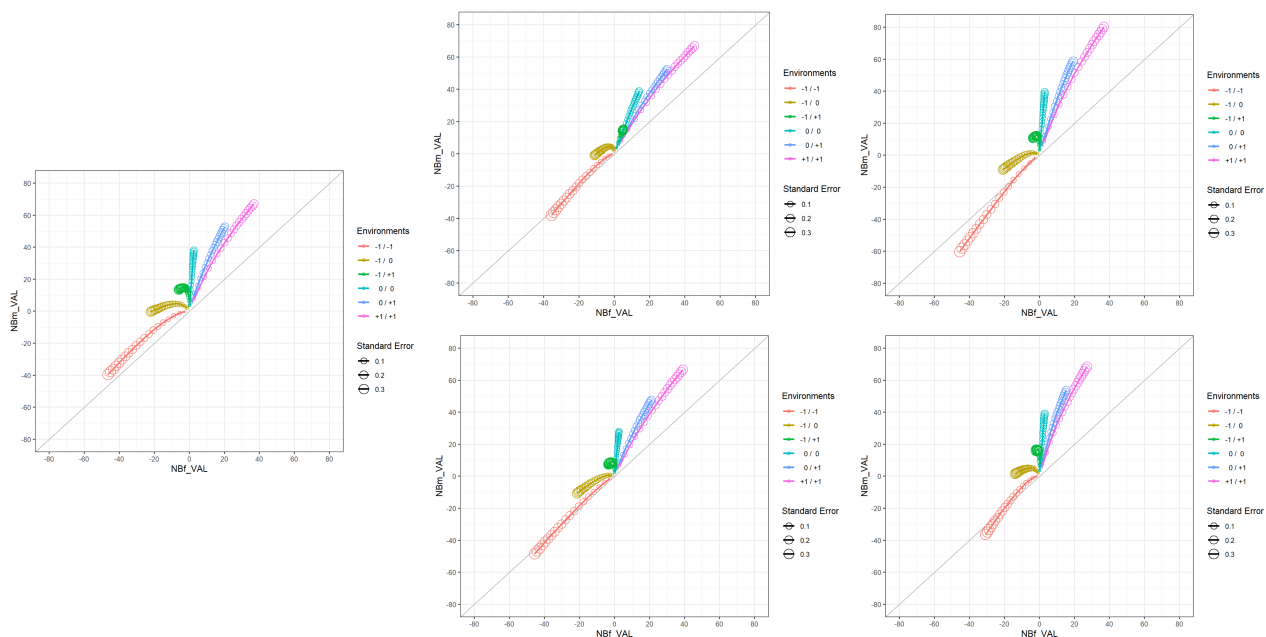


Figura 1: Trajetórias dos coeficientes de inclinação para machos e fêmeas (NBm_VAL e NBf_VAL, respectivamente) em diferentes combinações de valores ambientais na simulação com valor médio (à esquerda) e para valores alterados (Am_Bf_COVAR_Initial acima, e Am_Bm_COVAR_Initial abaixo) para MIN e MAX (central e à esquerda).

CONCLUSÕES

Este estudo demonstrou que as variações nos componentes da matriz de (co)variância alteram de maneira significativa a evolução dos coeficientes das normas de reação em rebanhos bovinos simulados. Observou-se que a matriz de (co)variância desempenha um papel crucial na determinação da trajetória evolutiva da adaptabilidade comparada entre os sexos. Estes resultados corroboram a importância de considerar a incerteza nas estimativas de (co)variância nos programas de melhoramento genético com objetivos de seleção ligados à adaptabilidade.

CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES

L.F.C.N e N.T.P contribuíram com a conceitualização, metodologia e pesquisa. L.F.C.N e J.M.L.M cuidaram da validação de dados e experimentos. L.F.C.N procedeu com o design da apresentação de dados e escreveu o trabalho. N.T.P supervisionou o projeto. Todos os autores contribuíram com a revisão do trabalho e aprovaram a versão submetida.

AGRADECIMENTOS

Ao PIBIFSP do IFSP, pela Bolsa de Iniciação Científica, à ABCZ, pelos dados que geraram as matrizes de covariância iniciais e ao grupo de pesquisa de Genética Multidimensional Aplicada, pelo apoio e pela estrutura computacional.

REFERÊNCIAS

- ANTON, H.; RORRES, C. *Álgebra linear com aplicações*. Tradução: Claus Ivo Doering. 10. ed. Porto Alegre: Bookman, 2012. 768 p.
- ARAÚJO NETO, F. R.; PEGOLO, N. T.; ASPILCUETA-BORQUIS, R. R.; OLIVEIRA, H. N. Study of the effect of genotype-environment interaction on age at first calving and production traits in Nellore cattle using multi-trait reaction norms and Bayesian inference. *Animal Science Journal*, v. 89, n. 7, p. 939-945, 2018.
- BATHIA, R. *Positive definite matrices*. New Jersey: Princeton Series in Applied Mathematics, 2007. 254 p.
- CALUS, M. P. L.; BIJMA, P.; VEERKAMP, R. F. Effects of data structure on the estimation of covariance functions to describe genotype by environment interactions in a reaction norm model. *Genetic Selection Evolution*, v. 36, p. 489-507, 2004.
- DE JONG, G.; BIJMA, P. Selection and phenotypic plasticity in evolutionary biology and animal breeding. *Livestock Production Science*, v. 78, n. 3, p. 195-214, 2002.
- PEGOLO, N. T.; ALBUQUERQUE, L. G. D.; LÔBO, R. B.; DE OLIVEIRA, H. N. Effects of sex and age on genotype× environment interaction for beef cattle body weight studied using reaction norm models. *Journal of Animal Science*, v. 89, n. 11, p. 3410-3425, 2011.
- WILENSKY, U. *NetLogo*. Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern University, Evanston, IL, 1999. Disponível em: <<http://ccl.northwestern.edu/netlogo/>>. Acesso em: 14 set. 2019.