

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDONÓPOLIS  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS  
CURSO DE ZOOTECNIA - BACHAREL**

**MODELOS DE REGRESSÃO ALEATÓRIA PARA A  
LONGEVIDADE FUNCIONAL EM BOVINOS NELORE**

**BACHAREL**

**Gabriele de Souza Silva Fernandes**

**Rondonópolis, 2022**

# **MODELOS DE REGRESSÃO ALEATÓRIA PARA A LONGEVIDADE FUNCIONAL EM BOVINOS NELORE**

**Gabriele de Souza Silva Fernandes**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Zootecnia da  
Universidade Federal de Rondonópolis como requisito parcial para obtenção do  
título de Bacharel em Zootecnia. Área de concentração: Melhoramento Genético  
Animal.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Junqueira Pereira.

Rondonópolis - MT  
2022

### Dados Internacionais de Catalogação na Fonte

Ficha Catalográfica elaborada de forma automática com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).  
Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.

D278m de Souza Silva Fernandes, Gabriele.  
MODELOS DE REGRESSÃO ALEATÓRIA PARA A  
LONGEVIDADE FUNCIONAL EM BOVINOS NELORE [recurso  
eletrônico] / Gabriele de Souza Silva Fernandes. – Dados eletrônicos (1  
arquivo : 21 f., il. color., pdf). – 2022.

Orientador(a): Rodrigo Junqueira Pereira.  
TCC (graduação em Zootecnia) – Universidade Federal de Rondonópolis,  
Instituto de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Rondonópolis, 2022.  
Inclui bibliografia.

1. ganho genético. 2. herdabilidade. 3. permanência no rebanho. I.  
Pereira, Rodrigo Junqueira, *orientador*. II. Título.

**Universidade Federal de Rondonópolis**  
**Instituto de Ciências Agrárias e Tecnológicas**  
**Curso de Zootecnia**


A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova o trabalho de curso.

**MODELOS DE REGRESSÃO ALEATÓRIA PARA A  
LONGEVIDADE FUNCIONAL EM BOVINOS NELORE**

Elaborada por:  
Gabriele de Souza Silva Fernandes

Como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Zootecnia

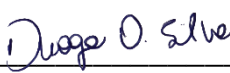
Comissão Examinadora

  
\_\_\_\_\_

Prof. Dr. Rodrigo Junqueira Pereira (Orientador)

  
\_\_\_\_\_

Prof. Dr. Mário Luiz Santana Júnior

  
\_\_\_\_\_

Me. Diogo Osmar Silva

Rondonópolis, 23 de Junho de 2022

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à Deus, por abençoar todo o meu caminho e jornada, por nunca me abandonar e por proporcionar todas as oportunidades que eu encontrei ao decorrer do curso.

Agradeço à minha família, por todo o apoio, carinho, conselhos, por serem meus pilares e por sempre me encorajarem a seguir em frente.

Agradeço ao meu namorado Miguel Bento de Souza Neto, por nunca me deixar só, por sempre vir ao meu auxílio e ser meu suporte emocional.

Agradeço aos meus professores, que sempre faziam o possível para que eu obtivesse os meios de alcançar meus objetivos, em especial agradeço ao professor Rodrigo Junqueira Pereira, que nos momentos mais difíceis, nos quais eu não sabia como proceder, foi minha luz, meu guia, me disse as palavras que eu precisava ouvir e sempre acreditou no meu potencial, mais que meu orientador, foi para mim um padrinho.

Agradeço aos meus colegas de curso, em especial o Joel, Luiz Guilherme, Matheus, Eduarda, Raíssa e Welinton, que me acompanharam neste caminho, me ajudando, me fazendo companhia, me incentivando e construindo juntos os nossos conhecimentos.

Agradeço aos meus colegas do grupo GMAT por tudo que compartilhamos e aprendemos juntos e pelo apoio a seguir estudando com mais intensidade o melhoramento genético.

Agradeço ao grupo cultural de estudo de violino, em especial ao Lázaro, que me acompanhou nos momentos de distração, que também comemoraram comigo as minhas vitórias e me ajudaram a superar as dificuldades.

Agradeço à Universidade Federal de Rondonópolis, pelo espaço proporcionado, pela infraestrutura e disponibilidade para a construção do conhecimento.

Agradeço também às pessoas que conheci durante meu período de estágio, que além de me ajudarem a crescer como profissional, me ajudaram a crescer e me desenvolver como ser humano.

A todos que acompanharam minha jornada e me incentivaram a seguir em frente meu muito obrigada e a minha eterna gratidão.

## RESUMO

FERNANDES, Gabriele S. S. **Modelos de regressão aleatória para a longevidade funcional em bovinos nelore**. 2022. Trabalho de curso (Bacharel em Zootecnia) - Universidade Federal de Rondonópolis. Orientador Rodrigo Junqueira Pereira.

A longevidade produtiva (ou longevidade funcional) da fêmea é uma característica que busca avaliar sua frequência produtiva e reprodutiva, contabilizando o número de partos até determinada idade. O objetivo com o estudo foi comparar diferentes modelos de regressão aleatória para avaliação genética da longevidade produtiva em bovinos Nelore. As regressões foram modeladas por polinômios ortogonais de Legendre de ordem 2 e 3 e, para cada uma das ordens o efeito de grupo contemporâneo foi testado como fixo ou aleatório. Foram utilizados como critérios para comparação dos modelos os valores para a correlação entre o fenótipo observado e predito (COP), quadrado médio dos resíduos (QMR), deviance bayesiana e Critério de Informação da Deviance (DIC). O modelo com melhor ajuste foi o modelo de ordem 3 (quadrático) com o grupo contemporâneo como efeito aleatório. Com este modelo foram obtidas as estimativas de variância, herdabilidade e correlação. A herdabilidade variou de 0,036 para o número de parto aos 27 meses à 0,118 aos 87 meses. A correlação genética entre o número de partos aos 75 meses e as demais idades parto foi alta (superior a 0,97), exceto para os 27 meses (0,06). Um modelo de regressão aleatória utilizando polinômios de Legendre com 3 coeficientes e grupo contemporâneo como efeito aleatório pode ser utilizado para a avaliação genética da longevidade produtiva. Há possibilidade de seleção com ganhos genéticos para essa característica.

Palavras-chave: ganho genético; herdabilidade; permanência no rebanho

## **ABSTRACT**

FERNANDES, Gabriele S. S. Random regression models for productive longevity in Nelore cattle. 2022. Trabalho de curso (Bacharel em Zootecnia) - Universidade Federal de Rondonópolis. Orientador Rodrigo Junqueira Pereira.

The productive longevity of the female is a trait that seeks to evaluate her productive and reproductive frequency, counting the number of calvings up to a set age. The objective of the study was to compare different random regression models for genetic evaluation of productive longevity in Nelore cattle. The regressions were modeled by Legendre orthogonal polynomials of order 2 or 3, and, for each of the orders, the contemporary group effect was tested as fixed or random. The values for the correlation between observed and predicted phenotype (COP), mean square error (MSE), Bayesian deviance, and Deviance Information Criterion (DIC) were used as criteria for comparing the models. The model with 3 regression coefficients (quadratic) with the contemporary group as a random effect was the most adequate. With this model, estimates of variance, heritability and genetic correlation were obtained. Heritability ranged from 0.036 for the number of calvings at 27 months to 0.118 at 87 months. The genetic correlation between the number of calvings at 75 months and the other calving ages was high (greater than 0.97), except for 27 months (0.06). A random regression model using Legendre polynomials with 3 coefficients and contemporary group as a random effect can be used for the genetic evaluation of productive longevity. There is a possibility of selection with satisfactory genetic gains for this trait in the long term.

Key words: genetic gains; heritability; stayability

## SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS .....	5
RESUMO.....	6
ABSTRACT.....	7
SUMÁRIO .....	8
INTRODUÇÃO .....	9
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	10
METODOLOGIA.....	12
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	15
CONCLUSÃO .....	20
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	20



## INTRODUÇÃO

A necessidade de incremento na produtividade animal é um tema cada vez mais recorrente, uma vez que, como nunca, é importante produzir mais alimentos em menos espaço. A busca pela produção mais sustentável e que ocupe menos área, é pauta mundial e diversos acordos políticos têm sido estabelecidos para evitar que novas áreas sejam desmatadas ou até mesmo que áreas antes exploradas possam ser reflorestadas.

A pecuária brasileira avança tecnologicamente cada vez mais e, a cada ano que se passa, menos área aberta vem sendo requerida para produzir uma mesma quantidade de produto animal, seja carne, leite, ovos, entre outros. Na bovinocultura de corte, os avanços são significativos, como uma maior taxa de lotação, maior ganho de peso e menor idade ao abate. Estes são índices que apontam para um melhor desempenho, que indicam uma maior otimização do uso da terra. Para que esses avanços sejam concretizados é necessária a utilização de técnicas e tecnologias, como o uso do melhoramento genético animal, que pode proporcionar um ganho de desempenho sustentável.

Para aumentar ainda mais a produtividade, otimizar o uso da terra e aumentar a lucratividade do produtor, além de melhorar as características produtivas, também é necessário melhorar as características reprodutivas dos rebanhos. As matrizes representam boa parte do rebanho bovino. Melhores matrizes produzem mais e melhores bezerros, que acarretam melhores índices produtivos e maior rentabilidade por área. Selecionar uma fêmea bovina que inicie cedo a sua vida reprodutiva e que mantenha a regularidade reprodutiva todos os anos, sem falhar, pode garantir altos índices de produtividade de uma propriedade.

Algumas características que podem ser utilizadas para selecionar fêmeas no rebanho são a idade ao primeiro parto, habilidade materna, ganho de peso do nascimento ao desmame, dias para o parto e, uma característica utilizada para avaliar a longevidade da fêmea na maioria dos casos é a habilidade de permanência no rebanho (HPR), que avalia a capacidade da vaca de permanecer no rebanho até os 76 meses de idade tendo determinado número de partos até tal idade, o que indica indiretamente que ela permaneceu produzindo e não foi descartada até essa idade.

O fato de ser a característica muito utilizada e de alto valor econômico não indica que a HPR seja uma característica livre de críticas, pois ela acaba não bonificando fêmeas que iniciaram sua vida produtiva de forma mais precoce, permite que a vaca falhe por 1 ano ou mais

sem ser penalizada, não favorecendo também fêmeas que tiveram mais partos do que o critério utilizado e possui baixa herdabilidade dependendo da definição utilizada.

Em busca de uma alternativa à HPR, o presente trabalho foi realizado no sentido de propor e avaliar uma nova característica, aqui denominada longevidade produtiva (longevidade funcional), a qual tenta cobrir as lacunas deixadas pela HPR, tentando identificar animais mais precoces e com melhor frequência reprodutiva. Assim, o objetivo com esse estudo foi comparar diferentes modelos de Regressão Aleatória para a avaliação genética da longevidade produtiva em bovinos Nelore e, de posse do melhor modelo, estimar parâmetros genéticos para essa característica.

## **REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

A bovinocultura de corte no Brasil é uma atividade que cada vez mais vem sendo pressionada a se tornar tecnologicamente mais avançada e lucrativa. Entre os anos de 2006 à 2017 a área ocupada por pastagens naturais teve uma redução de aproximadamente 17%, enquanto a área de pastagens plantadas teve um aumento de aproximadamente 9,5% (IBGE, 2017). Entre os anos de 1980 e 2017 houve uma redução nas áreas totais de pastagem, passando de 174 para 159 milhões de hectares e um aumento na quantidade de cabeças no rebanho de gado bovino, passando de 118 para 172 milhões de cabeças (IBGE, 2017). Esse aumento na produtividade por área está associado ao incremento na aplicação de tecnologias, como adubos, suplementação, técnicas de pastejo e melhoramento genético, de forma a melhorar a eficiência do uso da terra na pecuária de corte.

Uma das tecnologias usadas é o melhoramento genético animal. A seleção genética de bovinos de corte com base na diferença esperada na progênie (DEP) para identificar animais geneticamente superiores têm sido de grande importância para a evolução da pecuária de corte. A melhora do potencial genético dos animais para as características reprodutivas diminui os custos de produção e aumenta a lucratividade da propriedade, uma vez que essas reduzem a taxa de descarte involuntário de matrizes e o custo de reposição por matriz (NEVES et al., 2012).

A longevidade de uma matriz pode ser definida pela duração de sua vida a partir do seu primeiro parto até a sua morte natural ou até o momento em que é descartada. Em geral, as

propriedades planejam a reposição das fêmeas no rebanho, porém, muitos descartes por motivos não desejados, como a falha reprodutiva da matriz, podem levar à redução do progresso genético do rebanho (OLIVEIRA, et al., 2020).

A característica mais comumente utilizada para avaliar a longevidade associada à reprodução de uma matriz é a HPR, que mede a capacidade da vaca de permanecer no rebanho até determinada idade, geralmente 76 meses e possuir um número mínimo de partos até esse período. Porém essa característica leva muito tempo para ser obtida, o que faz com que a avaliação de touros jovens tenha baixa acurácia e então acarreta em atraso no progresso genético do rebanho. Assim, métodos alternativos estão sendo desenvolvidos de forma a obter maior progresso.

Jamrozik et al. (2013), estudando uma população de animais da raça Simental no Canadá, propuseram avaliar a HPR em partos consecutivos utilizando modelos de Regressão Aleatória. Em tal estudo foi aplicado esse modelo como forma de modelar a característica, de forma que a vaca possa ter fenótipos para a característica já aos 24 meses. Estudos semelhantes foram desenvolvidos por Silva et al. (2018) utilizando raças zebuínas (Guzerá, Nelore e Tabapuã) e Silva et al. (2021) utilizando animais Angus/Brangus e Hereford/Braford. Nos três estudos, os autores concluíram que um modelo de Regressão Aleatória com polinômios de Legendre com 4 coeficientes (cúbico) poderia ser utilizado para a avaliação genética da HPR em partos consecutivos.

Um problema ainda permanece com a metodologia atual proposta para avaliação da HPR em partos consecutivos. Algumas vacas eventualmente falham em ficar gestantes em determinados anos de sua vida produtiva, o que compromete a eficiência econômica dado que não produziram um bezerro por ano. A diferença de eficiência entre tais vacas e aquelas que, por outro lado, produzem um bezerro por ano regularmente, não é considerada na metodologia atual. Adicionalmente, as vacas podem iniciar a sua vida reprodutiva com diferentes idades, o que também não é contabilizado na metodologia em questão.

Avaliar o número de partos até determinada idade é uma alternativa que tem sido estudada. O número de partos até os 53 meses de idade na raça Nelore foi estudado por Neves et al. (2012), e apontado como uma forma de obter um fenótipo de forma mais precoce, possibilitando um menor intervalo de gerações, e também de contabilizar precocidade e regularidade reprodutiva. Os autores observaram que o número de partos aos 53 meses de idade possui uma boa correlação genética com o número de partos aos 89 meses, o que confirma a

possibilidade de utilizar um fenótipo mais precoce na vida da fêmea com o objetivo de prever a sua vida reprodutiva futura.

A longevidade produtiva de uma matriz também pode ser avaliada pela probabilidade da matriz sobreviver até o próximo parto, ou seja, não ser descartada e manter a frequência de parição, como sugerem por BrzÁková et al. (2019), que realizaram um estudo utilizando dados de 19 raças de bovinos de corte (e seus cruzamentos) na República Tcheca. Os autores ressaltaram que a característica é medida a cada parto até o final da vida produtiva do animal, sendo que a taxa de sobrevivência média observada até o 6º parto foi de aproximadamente 75% e, a partir do sexto parto, foi decaindo até o fim da vida. A herdabilidade para essa característica variou de 0,09 à 0,13 e foi observada uma boa correlação entre a longevidade produtiva aos 78 meses e aos 150 meses.

## **METODOLOGIA**

O banco de dados utilizado no estudo foi concedido pelo Programa de Melhoramento Genético Geneplus/Embrapa, contendo registro de nascimento e reprodutivos de animais da raça Nelore nascidos entre os anos de 1970 e 2020 de diversas fazendas distribuídas em todo território nacional.

Inicialmente, foi realizado o seguinte controle de qualidade dos dados, além da eliminação de possíveis informações incorretas: foram selecionadas apenas matrizes que tiveram partos naturais em toda a sua vida produtiva, eliminando aquelas que tiveram algum registro de transferência de embriões e/ou fertilização *in vitro*; foram utilizados apenas registros de parto de vacas com idades entre 630 e 4107 dias; foram eliminadas matrizes que apresentaram algum parto com intervalo menor que 290 dias.

Após o controle de qualidade, foi realizada a geração dos fenótipos identificando-se o número de partos da vaca até determinada idade padrão pré-estabelecida. Foram estabelecidas 10 idades-padrão a começar com 27 meses, indo até os 135 meses, com intervalo de 12 meses entre elas. Com essas idades estabelecidas, o fenótipo foi gerado, sendo que cada vaca recebia um vetor de fenótipos de acordo com a contagem de partos ao longo da vida dela. Para exemplificar a geração dos fenótipos são apresentados exemplos de 6 vacas, sendo elas as vacas A, B, C, D, E e F. Para a vaca A foram encontrados registros de parto consecutivos (intervalos

menores ou iguais a 12 meses de um parto a outro) para todas as idades-padrão, assim, seu vetor seria  $A = [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10]$ . Para a vaca B foram observados 8 partos consecutivos, falhando na 3ª e 4ª idade e em seguida voltando a parir, então seu fenótipo seria  $B = [1, 2, 2, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8]$ . Para vacas que apresentam 3 falhas consecutivas, foram ignorados os registros de partos após as falhas, então a vaca C, que apresentou 7 partos, mas falhou na 3ª, 4ª e 5ª idade, voltando a parir a partir da 6ª teria o seguinte vetor  $C = [1, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2]$ . Já a vaca D teve registro de partos consecutivos apenas referentes às 4 primeiras idades padrão, sendo que ela teve a oportunidade de manifestar os demais partos, dessa forma o vetor gerado seria  $D = [1, 2, 3, 4, 4, 4, 4, 4, 4, 4]$ . A vaca E também possui registros de partos consecutivos apenas das 4 primeiras idades-padrão, porém, por ser um animal jovem, não houve a oportunidade de manifestar os partos seguintes, assim seu vetor seria descrito como  $E = [1, 2, 3, 4]$ . Para vacas que iniciaram a sua vida reprodutiva de forma tardia (após 51 meses), foi estabelecido o seguinte vetor de fenótipos  $F = [0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0]$ .

Para a formação dos grupos contemporâneos, foi realizada a concatenação da informação de fazenda, ano e estação de nascimento das matrizes e foram descartados grupos contemporâneos com menos que 3 animais e grupos em que não havia variação fenotípica. Em seguida, foi obtida uma amostra aleatória de 150 fazendas com ao menos 50 vacas para as análises. Estatísticas descritivas para cada idade-padrão estabelecida podem ser visualizadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Idades-padrão (em meses), número de vacas com fenótipo (n), média, desvio padrão (DP), mínimo (Mín.) e máximo (Máx.) do fenótipo de acordo com cada idade.

Idade	n	Média	DP	Min.	Máx.
27	141524	0,02	0,15	0	1
39	141148	0,52	0,51	0	2
51	138099	0,96	0,65	0	3
63	133744	1,27	0,93	0	4
75	128737	1,53	1,20	0	5
97	123706	1,72	1,46	0	6
99	118736	1,87	1,69	0	7
111	113138	1,98	1,90	0	8
123	107940	2,06	2,08	0	9
135	102019	2,12	2,23	0	10

Para a avaliação da longevidade produtiva, o seguinte modelo de regressão aleatória foi utilizado:

$$y_{ijklt} = AE_{it} + \sum_{m=1}^o \beta_{km} \varphi_{mt} + \sum_{m=1}^o \alpha_{lm} \varphi_{mt} + \sum_{m=1}^o \delta_{lm} \varphi_{mt} + \varepsilon_{ijklt}$$

onde  $y_{ijklt}$  é o fenótipo para longevidade produtiva da vaca  $l$  na idade  $t$  ( $t = 27, \dots, 135$  meses);  $AE_{it}$  é o efeito sistemático da subclasse  $i$  de ano-estação de nascimento na idade  $t$  (tal efeito foi excluído nos modelos onde o GC foi considerado como um efeito fixo);  $\beta_{km}$  é o coeficiente de regressão  $m$  para o efeito (fixo ou aleatório, dependendo do modelo) de cada grupo contemporâneo  $k$ ;  $\alpha_{lm}$  e  $\delta_{lm}$  são os coeficientes de regressão para os efeitos aleatórios genético-aditivo e de ambiente permanente da vaca  $l$ ;  $\varphi_{mt}$  é a covariável do polinômio de Legendre para cada coeficiente de regressão na idade  $t$ ; e  $\varepsilon_{ijklt}$  é o resíduo aleatório associado a cada observação fenotípica. Em cada modelo avaliado, a mesma ordem (número de coeficientes  $o = 2$  ou  $3$ ) para os polinômios de Legendre foi utilizada para os efeitos de grupo contemporâneo, genético-aditivo e de ambiente permanente, de forma que cada efeito tivesse a mesma oportunidade de explorar os espaços das curvas (Jamrozik *et al.*, 2013). Uma estrutura de variâncias residuais heterogêneas foi adotada, com uma variância residual para cada idade.

Com posse do modelo base foram comparadas quatro regressões variando as ordens do polinômio de Legendre e o efeito de GC, que ao decorrer do trabalho serão expressas da seguinte forma:  $Moef$ , onde  $o$  (2 ou 3) representa o número de coeficientes para o polinômio de Legendre e  $ef$  representa o tipo de efeito considerado para GC, sendo “FIX” para GC considerado como um efeito fixo e “ALE” para GC considerado como um efeito aleatório. Dessa forma, como exemplo, o modelo M3ALE representa um modelo onde o número de coeficientes de regressão foi igual a 3 e o efeito de GC foi considerado como aleatório.

Os componentes de (co)variância para a característica estudada foram estimados por meio de análises uni-características por Inferência Bayesiana utilizando o programa GIBBS3F90 (Misztal *et al.*, 2002). Para a estimação dos componentes de (co)variância, foi gerada uma cadeia com 300.000 amostras para cada modelo. O comprimento do período de *burn-in* utilizado foi de 30.000 amostras e o intervalo de descarte amostral foi igual a 10. A checagem de convergência foi monitorada pela inspeção gráfica das amostras  $\times$  iterações.

Para a comparação dos modelos foram utilizados os seguintes critérios:

1. Correlação (COP) entre o fenótipo predito com o respectivo modelo e o fenótipo observado;

2. Quadrado médio do resíduo (QMR):  $\sum_{i=1}^n \frac{(y_{oi} - y_{pi})^2}{n}$ , onde  $y_{oi}$  é o  $i$ -ésimo fenótipo observado,  $y_{pi}$  é o fenótipo predito para a observação  $i$  e  $n$  é o número total de registros fenotípicos;
3. Deviance bayesiana:  $-2\ln p(y/\theta)$  onde  $p(y/\theta)$  é a densidade marginal *a posteriori*.
4. Critério de Informação da Deviance (DIC), como proposto por Spiegelhalter et al. (2002).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O número de partos mínimo para todas as idades foi zero, evidenciando animais penalizados por não terem o primeiro parto até os 51 meses. Para todos os partos foi possível identificar animais que atingiram o número máximo de partos possível para a idade pré-estabelecida. A média máxima atingida aos 135 meses foi de 2,12, influenciada pela ocorrência de vacas que são penalizadas por não terem o primeiro registro de parto até os 51 meses ou por falha excessiva na regularidade reprodutiva.

Os modelos de ordem 3 (quadráticos) apresentaram melhor ajuste de acordo com os critérios de qualidade de ajuste Deviance Bayesiana e QMR (Tabela 2), sendo o modelo que considera o efeito de grupo contemporâneo como aleatório (M3ALE) melhor que aquele que considera o efeito de grupo contemporâneo como fixo (M3FIX). Quando se observou a COP (Tabela 2), quanto maior o valor de correlação, mais próximos os valores estimados pelo modelo estão dos valores reais observados a campo. A maior correlação encontrada foi para o modelo de ordem 3 com grupo contemporâneo como efeito aleatório, confirmando que este é o melhor modelo avaliado.

Modelos de regressão que apresentam maiores ordens de polinômios tendem a se ajustar melhor, pois possibilitam explorar de forma mais livre as curvas de tendência, porém, quanto maior a ordem do polinômio, mais complexo é o modelo e maior é a exigência computacional para realizar a análise da característica. Assim, é necessário comparar os modelos bonificando o melhor ajuste, porém penalizando a sua complexidade de execução, dessa forma o modelo escolhido apresentará um bom ajuste sem deixar de ter uma utilização viável. De acordo com o critério DIC, o modelo M3ALE, mesmo com maior número de parâmetros, ainda foi indicado como o melhor modelo estatístico.

Tabela 2 - Comparação entre os modelos de regressão de ordem 2 (M2...) e 3 (M3...) e entre modelos com grupo contemporâneo como efeito aleatório (M...ALE) ou fixo (M...FIX), utilizando os critérios da deviance bayesiana ( $-2\ln p(y|\theta)$ ), quadrado médio dos resíduos (QMR), correlação entre os valores observados e os valores preditos (COP) e Critério de Informação da Deviance (DIC).

Modelo	$-2\ln p(y \theta)^*$	QMR	COP	DIC*
M2ALE	853.216	11,7483	0,9751	862.227
<b>M3ALE</b>	<b>0</b>	<b>5,9398</b>	<b>0,9877</b>	<b>0</b>
M2FIX	1.106.554	12,6009	0,9737	1.114.776
M3FIX	9.956	5,9772	0,9874	8.870

\* Valores expressos como desvios do melhor modelo (em negrito)

Utilizando o modelo M3ALE, foram realizadas as estimativas dos parâmetros de interesse para cada idade-padrão.

A curva de tendência das variâncias de grupo contemporâneo, genético-aditivas e de ambiente permanente ao longo da escala de idades apresentou comportamento quadrático (Figura 1). A exceção foi a curva de variância residual, que apresentou um pico aos 39 meses e em seguida reduziu, se mantendo relativamente constante nas demais idades, demonstrando que o modelo teve um ajuste pior para o número de partos aos 39 meses em relação ao número de partos nas demais idades.



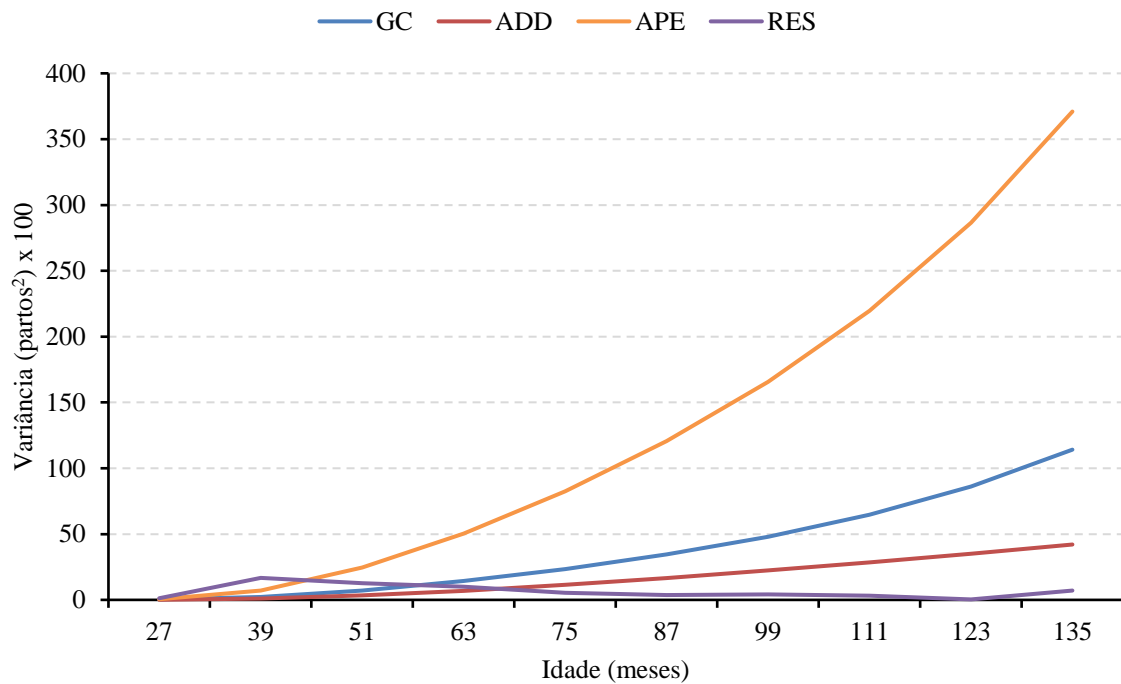


Figura 1 – Estimativas das variâncias de grupo contemporâneo (GC), genético-aditiva (ADD), de ambiente permanente (APE) e residual (RES) para o número de partos de acordo com as respectivas idades.

As estimativas de herdabilidade para o número de partos aos 27 e 39 meses apresentaram valores de baixa magnitude (Figura 2), 0,036 e 0,039 respectivamente. Dos 51 meses em diante, as estimativas de herdabilidade aumentaram até atingir 0,118 aos 87 meses e em seguida tendo uma leve queda até os 135 meses, cujo valor foi de 0,10. Dessa forma a idade que proporcionaria maior resposta a seleção para a longevidade produtiva seria os 87 meses. Contudo, seria possível utilizar as idades de 63 e 75 meses para seleção da longevidade produtiva com um objetivo de reduzir o intervalo de gerações, proporcionando maior ganho genético por unidade de tempo, uma vez que as estimativas de herdabilidade, 0,103 e 0,11 respectivamente, foram bem próximas à observada aos 87 meses.

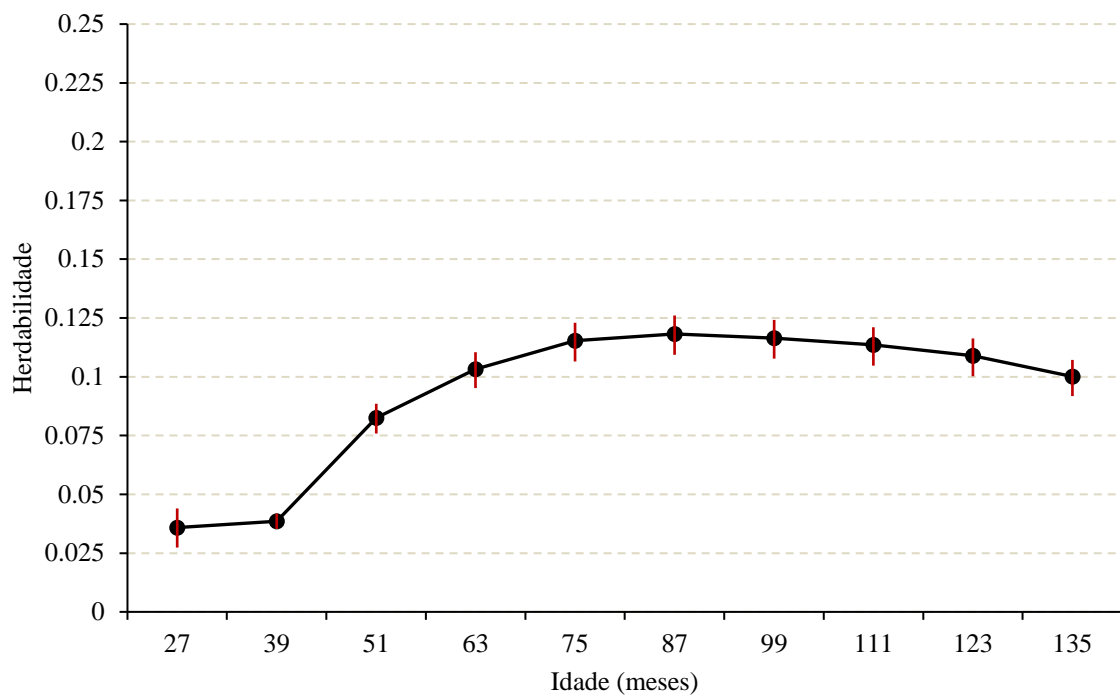


Figura 2 – Estimativas de herdabilidade para o número de partos nas respectivas idades. Linhas vermelhas no gráfico indicam o intervalo com 95% de credibilidade e os pontos indicam a média dos valores estimados.

Foram estimadas as correlações genéticas entre o número de partos aos 75 meses e o número de partos nas demais idades, uma vez que a HPR tradicional é medida aos 76 meses de vida da vaca. O valor genético para o número de partos nas demais idades parece ser um bom indicador (estimativas de correlação superiores a 0,97) do mérito genético aos 75 meses (Figura 3), exceto para o número de partos aos 27 meses de idade (estimativa de correlação igual a 0,06). Assim, talvez fosse interessante trabalhar com uma escala de idades que iniciasse aos 39 meses e não aos 27 meses.

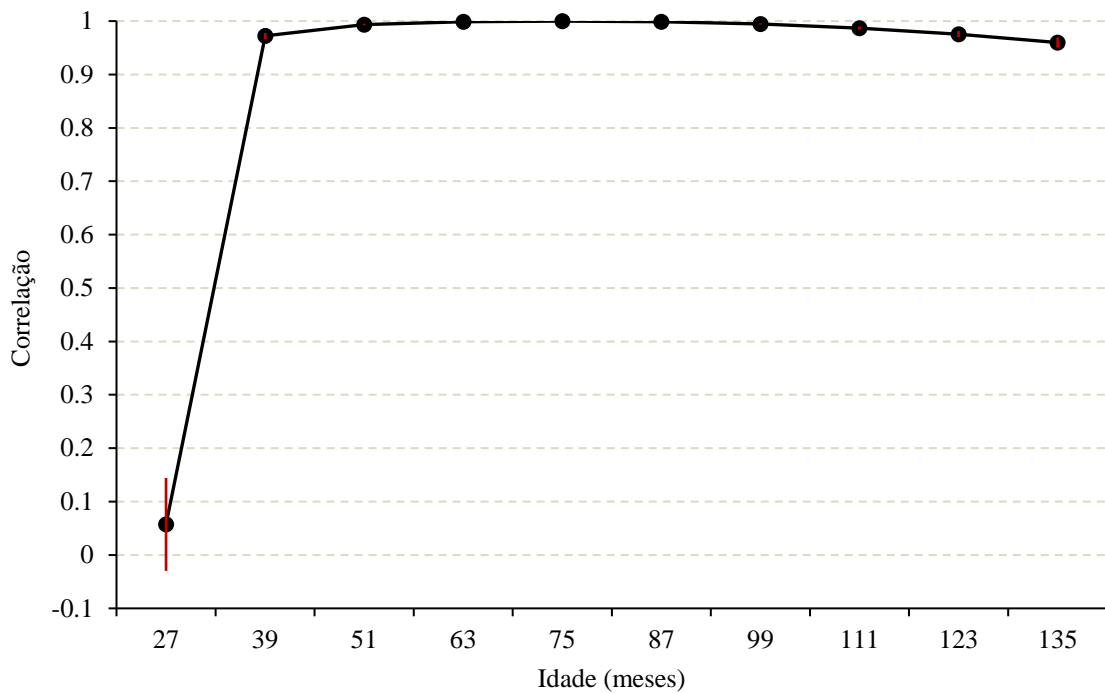


Figura 3 – Estimativas de correlação genética entre o número de partos aos 75 meses e as demais idades. Linhas vermelhas no gráfico indicam o intervalo com 95% de credibilidade e os pontos indicam a média dos valores estimados.

Levando-se em consideração as estimativas de herdabilidade e correlação genético-aditiva, o número de partos aos 63 poderia ser utilizado para realizar a seleção de forma antecipada para essa característica, com ganhos genéticos satisfatórios para a característica nas demais idades.

Com o uso da Regressão Aleatória, mesmo que o animal não apresente fenótipos, é possível estimar o valor genético para o número de partos em todas as idades-padrão. Do mesmo modo, a disponibilidade de fenótipos nas idades anteriores aos 75 meses, permite melhorar a acurácia dos valores genéticos preditos para a característica aos 75 ou mais meses. Dessa forma é possível selecionar os animais para o número de partos aos 87 meses, por exemplo, onde há a maior estimativa de herdabilidade, mesmo que as vacas sejam mais jovens, o que diminuiria o intervalo de gerações e aumentaria o ganho genético na população ao longo do tempo. Ressalta-se ainda que quanto maior o número de fenótipos da vaca, maior a acurácia da estimativa do valor genético em todas as idades.

## CONCLUSÃO

A característica número de partos até determinada idade, aqui denominada longevidade produtiva, pode ser avaliada por um modelo de Regressão Aleatória com polinômios de Legendre de ordem 3 (quadrático), sendo o grupo contemporâneo considerado como um efeito aleatório.

As estimativas de herdabilidade para os 27 e 39 meses são extremamente baixas, não sendo idades indicadas para seleção. A partir dos 51 meses as herdabilidades apresentam valor satisfatório, apesar de relativamente baixas, permitindo uma resposta a seleção a longo prazo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRZÁKOVÁ, M. et al. **Parâmetros genéticos de longevidade para melhorar a rentabilidade de bovinos de corte**. Revista de ciência animal , v. 97, n. 1, pág. 19-28, 2019.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - Resultados Definitivos 2017. Disponível em  
<[https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/3096/agro\\_2017\\_resultados\\_definitivos.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/3096/agro_2017_resultados_definitivos.pdf)>. Acessado em junho de 2022.

JAMROZIK, J. et al. **Estimates of genetic parameters for stayability to consecutive calvings of Canadian Simmentals by random regression models**. Journal of Animal Science, v. 91, n. 8, p. 3634-3643, 2013.

NEVES, HHR; CARVALHEIRO, R.; QUEIROZ, SA. **Parâmetros genéticos para um critério alternativo para melhorar a longevidade produtiva de vacas Nelore**. Journal of Animal Science , v. 90, n. 12, pág. 4209-4216, 2012.

OLIVEIRA, H. R. et al. **Usando modelos de regressão aleatória para avaliar geneticamente características de longevidade funcional em bovinos angus norte-americanos.** Animais , v. 10, n. 12, pág. 2410, 2020.

SILVA, D. O. et al. **Genetic parameters for stayability to consecutive calvings in Zebu cattle.** animal, v. 12, n. 9, p. 1807-1814, 2018.

SILVA, D. O. et al. **Genetic analyses of stayability to consecutive calvings in taurine and crossbred (Bos indicus x Bos taurus) cattle.** Livestock Science, v. 244, p. 104331, 2021.

SPIEGELHALTER, D. J. et al. **Bayesian measures of model complexity and fit.** Journal of the Royal Statistical Society. Series B. Statistical Methodology v. 64, p. 583-639, 2002.