

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

**Idade e peso no início do teste na análise
genética do desempenho de tourinhos Nelore
em provas de ganho em peso a pasto**

Juan Salvador Andrade Tineo

Belo Horizonte

2015

Juan Salvador Andrade Tineo

**Idade e peso no início do teste na análise
genética do desempenho de tourinhos Nelore
em provas de ganho em peso a pasto**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial para a obtenção do grau de mestre em Zootecnia.

Área de concentração: Genética e Melhoramento Animal

Prof. Orientador: Dr. Fabio Luiz Buranelo Toral

Belo Horizonte

2015

T588i Tineo, Juan Salvador Andrade, 1978-
Idade e peso no início do teste na análise genética do desempenho de tourinhos Nelore em provas de ganho em peso a pasto / Juan Salvador Andrade Tineo. – 2015.
25 p. : il.

Orientador: Fabio Luiz Buranelo Toral
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária.
Inclui bibliografia

1. Nelore (Zebu) – Melhoramento genético – Teses. 2. Nelore (Zebu) – Pesos e medidas – Teses. 3. Melhoramento animal – Teses. I. Toral, Fabio Luiz Buranelo. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Veterinária. III. Título.

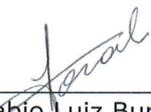
CDD – 636.291 082

FOLHA DE APROVAÇÃO

JUAN SALVADOR ANDRADE TINEO

DISSERTAÇÃO submetida à banca examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em ZOOTECNIA, como requisito para obtenção do grau de MESTRE em ZOOTECNIA, área de concentração GENÉTICA E MELHORAMENTO ANIMAL.

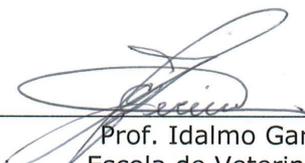
Aprovada em 03 de fevereiro 2015, pela banca constituída pelos membros:



Prof. Fábio Luiz Buranelo Toral
Presidente - Orientador



Prof. Antônio Rodrigues da Silva
UFMT



Prof. Idalmo Garcia Pereira
Escola de Veterinária - UFMG

DEDICATÓRIA

O presente trabalho de investigação é dedicado a cinco pessoas maravilhosas que marcaram minha vida:

Minhas duas Avós:

Maria Mercedes Arzabe e Zaida Fernandez de Tineo

Meu Avô:

Guillermo Tineo Leigue

Meus Pais:

Ronald Andrade Arzabe e Carmen Nelly Tineo Fernandez

Por dar-me tanta ciência, amor e filosofia de vida.

Juan Salvador Andrade Tineo.

AGRADECIMENTOS

A meus irmãos: Guillermo e Ronald, que inspiraram-me a ser um bom exemplo para eles.

A meus tios: Juan José, Ana María, Guillermo, Freddy, Norman, Blanca, Mayra.

A meus primos: Paola, Jorge, Carolina, Mauricio, Eduardo, Sebastian, Sibebe, Guillermo, Alejandro e Giovanni.

A meu orientador: Prof. Fabio Luiz Buranelo Toral, pela sua guia e paciência na realização deste trabalho de pesquisa. Também pela amizade e confiança fora das aulas.

À minha banca examinadora: Prof. Idalmo Garcia Pereira e Prof. Antonio Rodrigues da Silva, que qualificou este trabalho, e deram sugestões para ele ficar melhor.

À minha namorada: Emanuelle Amaral, pelo amor, carinho e constante apoio.

Ao mestre e amigo, Prof. Fernando Antonio Bretas Viana, pelos conselhos e colaboração.

Ao Prof. Jonas Carlos Campos Pereira, pela colaboração.

À Escola de Veterinária da UFMG, ao Departamento de Zootecnia, pela oportunidade de poder aperfeiçoar meus conhecimentos no berço de eminências do melhoramento animal.

Às pessoas próximas que colaboraram: minha cara irmã Fernanda Santos Silva, pelo carinho, amizade e apoio nos momentos difíceis; minha cara Dalinne Chrystian Carvalho dos Santos, pelos ensinamentos, amizade e confiança.

Aos colegas do LADA, que fizeram companhia, trocaram experiências e me ensinaram muito durante esse período de aprendizado: Juan Pablo Botero, Daiane Becker Scalez, Tiago Passafaro, Breno Fragomeni, Adriane Barbosa, Virgínia Mara e Larissa Kretli, pelos desesperos e bons momentos no laboratório rodando análises e escrevendo os trabalhos.

A meus amigos: Marco Zelada, Enrique Soliz, a família Da Mata, a família Gutierrez Toral, família Menezes Amaral.

À raça Nelore, imponente, majestosa e rústica, guerreira dos campos tropicais. Que meu querido tio Pepe, me ensinou desde criança a apreciar e amar a raça Nelore.

Ao Sr. Humberto de Freitas Tavares e ao Grupo Provados a Pasto pela disponibilização dos dados dos tourinhos Nelore.

E ao Brasil, por ter-me acolhido e fazer-me sentir como em casa. Obrigado, impávido colosso, belo e forte gigante pela própria natureza.

Eu não sei quanto mede o infinito, mas será enchido pela minha gratidão.

Juan Salvador Andrade Tineo.

A chave é o poder de seleção cumulativa do homem: a natureza dá variações sucessivas; o homem as adiciona em certas direções úteis para ele.

Charles Darwin

Nos laboratórios, em salas de estudo e trabalho criativo diário, o homem persiste na milenária procura da afirmação de seu destino. Pois ele é a mais perfeita e valiosa expressão de vida no planeta.

Guillermo Tineo Leigue.

Duvida sempre de ti mesmo, até que os dados não deixem lugar para dúvidas.

Louis Pasteur.

SUMÁRIO

	Pag.
IDADE E PESO NO INÍCIO DO TESTE NA ANÁLISE GENÉTICA DO DESEMPENHO DE TOURINHOS NELORE EM PROVAS DE GANHO EM PESO A PASTO	8
RESUMO	8
ABSTRACT	9
INTRODUÇÃO	10
MATERIAL E MÉTODOS	11
RESULTADOS E DISCUSSÃO	14
CONCLUSÕES	21
REFERÊNCIAS	22

IDADE E PESO NO INÍCIO DO TESTE NA ANÁLISE GENÉTICA DO DESEMPENHO DE TOURINHOS NELORE EM PROVAS DE GANHO EM PESO A PASTO

RESUMO

O objetivo neste trabalho foi verificar a contribuição da inclusão da idade e do peso no início do teste nos modelos estatísticos para análise genética do peso ajustado aos 550 dias de idade, ganho médio diário durante a prova, coeficiente de regressão linear dos pesos em função da idade, perímetro escrotal, volume testicular, e os escores visuais de estrutura corporal, precocidade e musculosidade de tourinhos Nelore em provas de ganho em peso (PGP) a pasto. Dados de 3.193 animais Nelore foram submetidos a análises unicaracterísticas para estimação dos parâmetros genéticos. Quatro modelos foram utilizados. No primeiro, foram incluídos os efeitos fixo de PGP e aleatório do valor genético aditivo. No segundo e terceiro também foram incluídos os efeitos da idade e peso no início do teste como covariáveis, respectivamente. No quarto modelo, foram incluídos os efeitos das duas covariáveis. Os modelos sem peso e, ou, idade inicial como covariáveis não foram adequados. As inclusões das covariáveis resultam em alterações nas variâncias, herdabilidades e valores genéticos. As características de crescimento e reprodutivas apresentam herdabilidades moderadas e a seleção pode contribuir para modificação das médias dessas características. Por outro lado, as características de morfologia apresentam herdabilidades baixas, o que sugere que a seleção não é eficiente como ferramenta para modificar as médias dessas características ao longo do tempo.

PALAVRAS-CHAVE: covariável, herdabilidade, melhoramento genético, seleção.

INITIAL AGE AND INITIAL WEIGHT IN THE GENETIC ANALYSIS OF NELLORE YOUNG BULLS ON PASTURE PERFORMANCE TESTS

ABSTRACT

The objective of this study was to verify the contribution of the inclusion of initial age and initial weight for genetic analysis of body weight at 550 days of age, average daily gain, linear coefficient of regression of weights according to age, scrotal circumference, testicular volume, and visual scores of body structure, precocity, and muscling of Nellore young bulls on pasture performance tests (PT). Records from 3,193 young bulls were used to estimate genetic parameters in single-trait analysis, with four statistical models. In the first model, fixed effect of PT and the random additive genetic value were included. In the second and third models, the effects of initial age and initial weight were also included as covariates, respectively. In the fourth model, the effects of the two covariates were included. Models without initial age and, or, initial weight as covariates were not adequate. The inclusion of covariates changes the variances, heritability and genetic values. The growth and reproductive traits have moderate heritability and selection can contribute to changing the means of these traits. Morphological traits have low heritability, which suggests that selection is not as efficient to modify the means over time.

KEY WORDS: animal breeding, covariable, heritability, selection.

INTRODUÇÃO

A demanda anual de touros Nelore geneticamente superiores para reposição do rebanho brasileiro é de aproximadamente 370 mil animais (Fragomeni et al., 2013). Na prática, é possível que a disponibilidade deste tipo de animal seja menor e, conseqüentemente, tourinhos sem avaliações genética e de potencial genético desconhecido estejam sendo usados como reprodutores.

Em função da baixa oferta de touros melhoradores jovens, touros com valores genéticos abaixo da média da população podem estar sendo utilizados na reprodução, o que compromete a evolução genética do rebanho comercial. A utilização de reprodutores por longos períodos no rebanho resulta em diminuição da taxa de prenhez, uma vez que a fertilidade dos touros diminui em função do aumento da idade (Amaral et al., 2009), e em redução no ganho genético anual em função do aumento do intervalo de gerações.

Uma alternativa para aumentar a oferta de animais jovens com avaliações genéticas é a realização de provas de ganho em peso (PGP) nas propriedades. A PGP é uma ferramenta que auxilia na identificação de animais de desempenho produtivo superior (Josahkian et al., 2009). Essas provas são úteis na seleção de candidatos a reprodutores, uma vez que também possibilitam avaliar o potencial genético de animais com genealogia desconhecida. O uso de PGP é importante para o produtor, pois permite a avaliação e classificação dos animais participantes, facilitando a seleção e agregando valor aos indivíduos de melhor desempenho. Estas provas permitem avaliações precoces dos candidatos a reprodutores diminuindo o intervalo de gerações e, conseqüentemente, aumentando o ganho genético anual. Seu baixo custo em relação a outros testes permite a avaliação de um maior número de animais, o que melhora a intensidade de seleção realizada (Razook et al., 1997; Pereira, 2012).

A PGP está se tornando cada vez mais comum nos programas de melhoramento genético de bovinos de corte e estudos para implantação de metodologias de avaliação genética mais adequadas para os dados obtidos são importantes para aumentar a acurácia das avaliações e a resposta à seleção. Neste sentido, Toral e Alencar (2010) concluíram que a análise de dados de PGP pela metodologia de modelos mistos é mais adequada que a realização do ajuste dos dados para efeitos ambientais e classificação dos candidatos à seleção com base nos fenótipos.

Com a metodologia de modelos mistos é possível ajustar os dados fenotípicos para fatores não genéticos ou qualquer outro fator de interesse, como grupo de manejo, idade e peso no início do teste, e prever os valores genéticos dos candidatos à seleção para essas características. Assim, os animais com melhores potenciais genéticos podem ser identificados e selecionados.

O objetivo neste trabalho foi verificar a contribuição da inclusão da idade e do peso no início do teste nos modelos estatísticos para análise genética de características de crescimento, reprodutivas e de morfologia de tourinhos Nelore em provas de ganho em peso a pasto.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados utilizados neste trabalho foram provenientes de 3.193 animais da raça Nelore, que participaram de 42 provas de ganho em peso realizadas pelo grupo Provas a Pasto. As provas foram realizadas entre 1997 e 2008 em fazendas comerciais no estado de Goiás. Após a pesagem de entrada, os animais passaram por um período de adaptação com duração média de 70 dias. Ao final deste período, houve a pesagem inicial e, na sequência o início da prova, com duração média de 221 dias. Pesagens intermediárias, a cada 56 dias, também foram realizadas em algumas provas. A idade inicial variou de 283 a 429 dias.

As características analisadas foram: peso ajustado aos 550 dias de idade (P550), ganho médio diário durante a prova (GMD), coeficiente de regressão linear dos pesos em função da idade (\hat{b}), perímetro escrotal (PE), volume testicular (VT), e os escores visuais de estrutura corporal (E), precocidade (P) e musculosidade (M).

O P550 foi obtido por meio da equação $P550 = P_F + (550 - I_F) \times GMD$, em que P_F representa o peso real ao final da prova; I_F representa a idade ao final da prova; e GMD representa o ganho médio diário durante a prova. O GMD foi obtido por meio da equação $GMD = \frac{P_F - P_I}{I_F - I_I}$, em que P_I representa o peso ao início da prova (peso após o período de adaptação) e I_I representa a idade ao início da prova.

O valores de \hat{b} foram obtidos pelo método de quadrados mínimos, regredindo-se os pesos ao longo da prova (peso inicial, pesos intermediários e peso final) em função da idade na pesagem, para cada animal com pelo menos quatro pesagens.

As medidas de PE foram realizadas no final da prova com fita métrica, posicionada transversalmente, na região de maior diâmetro da bolsa escrotal. Em algumas provas, os comprimentos e larguras de cada testículo também foram obtidos com paquímetro e, nesses casos, o VT foi estimado por meio da equação $VT = 0,5236 \times (C_d \times L_d^2 + C_e \times L_e^2)$, em que C_d e C_e representam os comprimentos dos testículos direito e esquerdo, respectivamente; e L_d e L_e representam as larguras dos testículos direito e esquerdo, respectivamente (Bailey et al., 1998).

Os escores visuais de E, P e M foram atribuídos a cada animal no final da prova, respeitando-se a escala relativa com notas de 1 a 6, sendo que os valores 1 e 6 correspondem a menor e a maior expressão da característica, respectivamente, dentro do grupo de animais participantes da mesma prova (Koury Filho et al., 2009). De acordo com os autores citados, o escore de E representa a área do animal visto de lado, avaliando-se basicamente o comprimento e a profundidade de costelas; o escore de P relaciona-se com a proporção entre profundidade de costelas em relação à altura dos membros; e o escore de M representa a evidência das massas musculares, de modo que indivíduos com musculatura mais volumosa e convexa recebem as maiores notas.

Os dados foram analisados por meio de quatro modelos estatísticos, sendo eles:

$$y_{il} = \mu + PGP_i + a_l + e_{il};$$

$$y_{ijl} = \mu + PGP_i + c_{(i)}(I_{I_j} - \bar{I}_{I(i)}) + a_l + e_{ijl};$$

$$y_{ikl} = \mu + PGP_i + d_{(i)}(P_{I_k} - \bar{P}_{I(i)}) + a_l + e_{ikl};$$

$$y_{ijkl} = \mu + PGP_i + c_{(i)}(I_{I_j} - \bar{I}_{I(i)}) + d_{(i)}(P_{I_k} - \bar{P}_{I(i)}) + a_l + e_{ijkl}.$$

Nos modelos apresentados, y (e seus subscritos) representa o valor observado para cada característica; μ , uma constante geral presente em todas as observações; PGP_i , o efeito fixo da prova de ganho em peso i ; $c(i)$, o coeficiente de regressão da idade inicial sobre a característica y , aninhado em cada PGP; I_{I_j} , a idade inicial j ; $\bar{I}_{I(i)}$, a média da idade inicial na prova i ; $d(i)$, o coeficiente de regressão do peso inicial sobre a característica y , aninhado em cada PGP; P_{I_k} , o peso inicial k ; $\bar{P}_{I(i)}$, a média do peso inicial na prova i ; a_l , o efeito aleatório do valor genético aditivo do animal l ; e e (e seus subscritos), o erro aleatório associado a cada observação.

De forma geral, os quatro modelos podem ser descritos sob a seguinte notação matricial:

$$y = X\beta + Za + e,$$

em que: y representa o vetor com os valores observados para cada característica; X , a matriz de incidência de efeitos fixos; β , o vetor com as soluções para os efeitos fixos; Z , a matriz de incidência dos efeitos aleatórios; a , o vetor com as soluções para os efeitos aleatórios; e e , o vetor com os resíduos.

Os componentes de variância foram estimados pelo método da Máxima Verossimilhança Residual (Patterson e Thompson, 1971) em análises unicaracterísticas, por meio do programa REMLF90, desenvolvido por Misztal (2001). Foram assumidas as pressuposições

$$\begin{bmatrix} y \\ a \\ e \end{bmatrix} \sim NMV \left\{ \begin{bmatrix} X\beta \\ \Phi \\ \Phi \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} V & ZG & R \\ GZ' & G & \Phi \\ R & \Phi & R \end{bmatrix} \right\},$$

em que: $V = ZGZ' + R$; $G = A\sigma_a^2$; A = matriz de numeradores dos coeficientes de parentesco de Wright (com 4.135 animais); σ_a^2 = variância genética aditiva; $R = I\sigma_e^2$; I = matriz identidade; e σ_e^2 = variância residual.

As contribuições das inclusões das covariáveis idade e peso inicial nos ajustes dos modelos foram verificadas pela análise dos valores da função de verossimilhança ($-2\ln(L)$) e critério de informação de Akaike (AIC, Akaike, 1987), definidos pelas seguintes equações:

$$-2\ln(L) = (N - p) \times \ln(2\pi) + \ln|V| + |X'V^{-1}X| + (y - X\beta)'V^{-1}(y - X\beta), e$$

$$AIC = -2\ln(L) + 2k,$$

em que: N é o número total de observações; p é o posto da matriz de delineamento X ; k é o número de componentes de variância; e os demais termos já foram definidos anteriormente.

As soluções para os efeitos aleatórios de cada tourinho foram obtidas para estudo das correlações de Pearson e Spearman. As correlações envolvendo os valores genéticos preditos a partir dos quatro modelos estatísticos dos animais que participaram da mesma prova foram calculadas para cada PGP separadamente. Posteriormente, obtiveram-se as médias das correlações envolvendo todas as provas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em geral, as médias observadas para as características consideradas (Tabela 1) estão dentro do intervalo observado para a raça Nelore (Boligon e Albuquerque, 2010; Boligon et al., 2010; Yokoo et al. 2007; Lima et al., 2013; Marques et al., 2013; Koury Filho et al., 2010; Raidan et al., 2015), demonstrando que o banco de dados utilizado no presente estudo pode ser considerado representativo da raça.

Tabela 1. Estatísticas descritivas para características de crescimento, reprodutivas e de morfologia de tourinhos Nelore em provas de ganho de peso a pasto

Estatística ¹	Características ²							
	P550	GMD	\hat{b}	PE	VT	E	P	M
N.Obs.	3.193	3.193	2.887	3.010	600	802	915	915
N.PGP	42	42	37	39	11	14	15	15
I _I	334,24	334,24	334,34	335,70	333,04	332,81	340,64	340,64
P _I	218,78	218,78	218,71	218,54	223,25	220,52	225,93	225,93
Média	327,44	0,500	0,51	26,29	223,11	3,74	3,41	3,23
Desvio	38,95	0,150	0,15	2,90	110,22	1,08	1,05	1,08
Mínimo	186,79	-0,004	0,025	18,00	44,00	1,00	1,00	1,00
Máximo	466,82	0,96	0,911	39,00	692,72	6,00	6,00	6,00
CV (%)	11,89	29,32	29,41	11,06	49,40	29,03	31,05	33,41

¹N.Obs. = número de observações; N.PGP = número de provas de ganho em peso com registro da característica; I_I = idade inicial (média, em dias); P_I = peso inicial (média, em kg); CV = coeficiente de variação.

²P550 = peso aos 550 dias de idade (kg); GMD = ganho médio diário (kg/dia); \hat{b} = coeficiente de regressão linear do peso sobre a idade (kg/dia); PE = perímetro escrotal (cm); VT = volume testicular (cm³); E = estrutura corporal; P = precocidade; e M = musculosidade.

Os valores de $-2\ln(L)$ e AIC foram mais próximos de zero para modelos estatísticos com inclusão de covariáveis idade e, ou, peso inicial (Tabela 2). Esse resultado demonstra que estas covariáveis explicam parte significativa das variações observadas para as características de crescimento, reprodutivas e de morfologia de tourinhos Nelore em provas de ganho em peso a pasto.

Tabela 2. Valores da função de verosimilhança (-2Ln(L)) e do critério de informação de Akaike (AIC) nas análises de características de crescimento, reprodutivas e de morfologia de tourinhos Nelore em provas de ganho em peso a pasto, em modelos estatísticos sem ou com a inclusão das covariáveis peso (P_I) e idade inicial (I_I)

Covariáveis incluídas	Características ¹							
	P550	GMD	\hat{b}	PE	VT	E	P	M
-2Ln(L)								
-	31.414	-5.683	-4.417	15.581	8.136	7.986	7.974	8.033
I _I	31.440	-6.422	-4.511	13.699	6.717	3.608	6.762	6.826
P _I	28.872	-5.126	-3.929	15.457	13.406	7.744	6.646	7.922
I _I + P _I	28.387	-4.643	-5.838	15.182	6.689	4.548	6.766	6.767
AIC								
-	31.418	-5.679	-4.412	15.585	8.140	7.990	7.978	8.037
I _I	31.444	-6.418	-4.507	13.703	6.723	3.612	6.766	6.830
P _I	28.876	-5.122	-3.925	15.461	13.410	7.748	6.650	7.926
I _I + P _I	28.391	-4.639	-5.834	15.186	6.693	4.552	6.770	6.771

¹P550 = peso aos 550 dias de idade; GMD = ganho médio diário; \hat{b} = coeficiente de regressão linear do peso sobre a idade; PE = perímetro escrotal; VT = volume testicular; E = estrutura corporal; P = precocidade; e M = musculosidade.

Com base nos valores dos critérios de ajuste considerados, ficou demonstrado que a inclusão das covariáveis idade e peso inicial nos modelos estatísticos para análise do P550, GMD, VT e M resultou em melhoria significativa no ajuste dos modelos. No caso das variáveis \hat{b} e P, a inclusão do peso inicial, apenas, foi suficiente para melhorar o ajuste. Para as variáveis PE e E, a inclusão da idade inicial, juntamente com os outros fatores comuns a todos os modelos (PGP e efeito genético aditivo), resultou nos modelos de melhores ajustamentos.

Estudos realizados previamente também reportaram a necessidade de inclusão da idade do animal no dia da mensuração como covariável na análise do P550 (Kippert et al., 2008), ganho médio diário da desmama aos 550 dias (Kippert et al., 2008; Queiroz et al., 2013), PE (Lopes et al., 2009) e escores visuais de conformação (C), P e M (Queiroz et al., 2013) em bovinos de corte. Em trabalhos com bovinos Nelore aos 18

meses de idade, o efeito da idade no dia da mensuração foi considerado como covariável para análise do VT (Boligon et al., 2010), E, P e M (Koury Filho et al., 2009), o que sugere a importância dessa covariável para os autores citados. Nos trabalhos referenciados foi avaliada a inclusão da idade no dia da mensuração. No presente trabalho foi avaliada a inclusão da idade no início do teste e, portanto, antes das mensurações. Como o período de teste é relativamente constante (221 dias), não é esperada qualquer alteração nos efeitos da idade se fosse adicionada uma constante aos seus valores.

Para aquelas características que não foram previamente ajustadas para uma idade de referência (PE, VT, E, P e M), a inclusão do efeito da idade e, ou, do peso, é fundamental para evitar que diferenças ambientais prejudiquem a predição das diferenças genéticas entre os animais. Diferenças no peso inicial podem ocorrer, por exemplo, por diferenças nos manejos que antecedem os testes ou por diferenças genéticas entre os rebanhos. Tais diferenças, dependendo da magnitude, podem permanecer após o período de adaptação e prejudicar a classificação dos animais se elas não forem adequadamente modeladas.

Mesmo para o estudo de características padronizados para uma idade de referência (P550 e GMD), ainda é necessário incluir o efeito da covariável idade no modelo estatístico. Isso demonstra que o ajuste linear obtido por interpolação, apenas, não é suficiente para retirar todo o efeito da idade sobre o crescimento (Teixeira e Albuquerque, 2003) e, possivelmente, sobre características reprodutivas e de morfologia. Essa necessidade pode ser explicada pelo efeito não linear da idade sobre o peso (Carneiro et al., 2014) e sobre o PE (Loaiza-Echeverri et al., 2013), por exemplo.

A inclusão do efeito da idade inicial na análise do coeficiente de regressão \hat{b} prejudicou o ajuste do modelo, enquanto a inclusão do peso inicial, isoladamente, teve efeito contrário. As idades de pesagens (inclusive a idade inicial) já haviam sido consideradas como variáveis independentes na obtenção do valor de \hat{b} . Portanto, a inclusão dessa covariável, novamente, na análise de \hat{b} pode ter causado multicolinearidade. Essa mesma explicação não pode ser aplicada para refutar a necessidade de inclusão do efeito do peso inicial como covariável no modelo porque o peso foi usado previamente apenas como uma variável dependente.

As inclusões das covariáveis peso e idade inicial, separadamente, resultaram em modelos mais bem ajustados aos dados de precocidade. Entretanto, o ajuste proporcionado pela inclusão dessas covariáveis ao mesmo tempo não foi melhor que o ajuste proporcionado pela inclusão do peso, apenas.

Não foram encontrados relatos na literatura sobre a inclusão do peso inicial como covariável para análise das características de desempenho em PGP. Há poucos trabalhos demonstrando a necessidade de inclusão do efeito do peso no momento da mensuração sobre o PE em bovinos de corte (Penã et al., 2000; Dal-Farra et al., 2000). Diferentemente do exposto para a relação da idade de início do teste com a idade na mensuração, o peso no início do teste é uma variável diferente do peso no dia da mensuração, uma vez que esse último é o resultado do primeiro mais o ganho em peso acumulado no período, que não é constante entre os animais. No presente trabalho, a avaliação da inclusão dessa covariável foi realizada para viabilizar o atendimento de uma condição importante para realização das PGP, ou seja, animais com pesos e idades semelhantes (Gregory, 1965; Dalton e Morris, 1978; Razook et al., 1997).

Seria importante que os animais participantes de uma PGP apresentassem pesos e idades semelhantes. A homogeneidade relacionada com a idade de entrada (e conseqüentemente com a idade inicial) é garantida, parcialmente, pelo intervalo máximo de idade no grupo de PGP de 90 dias (Josahkian et al., 2009). Entretanto, não há conhecimento de qualquer restrição relacionada ao peso de entrada. Considerando a dificuldade prática para obtenção de animais com pesos de entrada semelhantes, a inclusão da covariável peso no início do teste nos modelos de análise permitiria avaliar o desempenho dos animais em PGP a partir de uma referência de peso constante.

Em geral, a inclusão das covariáveis peso e, ou, idade inicial nos modelos estatísticos provocaram reduções nas variâncias e alterações nas herdabilidade das características de crescimento, reprodutivas e de morfologia de tourinhos Nelore em provas de ganho em peso a pasto (Tabela 3).

Tabela 3. Estimativas de variâncias genéticas aditivas ($\hat{\sigma}_a^2$) e residuais ($\hat{\sigma}_e^2$) e herdabilidades (\hat{h}^2) para características de crescimento, reprodutivas e de morfologia de tourinhos Nelore em provas de ganho em peso a pasto, em modelos estatísticos sem ou com a inclusão das covariáveis peso (P_I) e idade inicial (I_I)

Covariáveis incluídas	Características ¹							
	P550	GMD	\hat{b}	PE	VT	E	P	M
$\hat{\sigma}_a^2$								
-	626,50	0,002	0,0200	3,24	1.917	0,14	0,21	0,09
I _I	595,10	0,002	0,0021	2,10	2.107	0,15	0,19	0,07
P _I	147,90	0,001	0,0167	3,44	1.703	0,06	0,14	0,07
I _I + P _I	77,85	0,002	0,0041	2,94	1.700	0,01	0,13	0,05
$\hat{\sigma}_e^2$								
-	258,20	0,005	0,0439	4,00	4.559	0,90	0,70	0,87
I _I	262,60	0,004	0,0041	3,16	2.978	0,75	0,64	0,81
P _I	205,70	0,005	0,0455	2,97	3.775	0,63	0,58	0,65
I _I + P _I	204,10	0,004	0,0041	2,21	2.997	0,62	0,58	0,66
\hat{h}^2								
-	0,71	0,28	0,31	0,45	0,30	0,13	0,23	0,10
I _I	0,69	0,29	0,34	0,40	0,41	0,17	0,23	0,09
P _I	0,42	0,24	0,27	0,54	0,31	0,08	0,20	0,09
I _I + P _I	0,28	0,27	0,34	0,57	0,37	0,01	0,18	0,07

¹P550 = peso aos 550 dias de idade; GMD = ganho médio diário; \hat{b} = coeficiente de regressão linear do peso sobre a idade; PE perímetro escrotal; VT = volume testicular; E = estrutura corporal; P = precocidade; e M = musculosidade.

As estimativas de variâncias genéticas foram menores nos modelos de melhor ajuste, em relação ao modelo mais simples (sem inclusão de covariáveis), exceto para GMD e E. Neves et al. (2014) verificaram que a inclusão do efeito aleatório de rebanho de origem reduziu as estimativas de variância genética aditiva para peso ao final do teste de tourinhos Nelore em PGP. O efeito de rebanho de origem está relacionado com o peso de entrada nos animais no teste o que, de certa forma, é semelhante à covariável

analisada no presente trabalho (peso inicial). No caso de P550, a inclusão do efeito das covariáveis peso e idade inicial resultaram em estimativas de herdabilidade praticamente iguais aquelas obtida com o mesmo modelo para GMD e \hat{b} . Quando o P550 é ajustado para um mesmo peso inicial, diferenças nessa variável são reflexo de diferenças no ganho médio diário, o que explica as semelhanças na herdabilidade.

As estimativas de herdabilidade para ganho médio diário, PE e VT em tourinhos Nelore avaliados em PGP a pasto foram semelhantes aos valores de 0,26 (Raidan et al., 2015), 0,42 (Boligon et al., 2010) e 0,39 (Boligon et al., 2010) observados para as mesmas características, em animais da mesma raça e sistema de produção. De modo geral, é possível afirmar que essas características possuem herdabilidade moderada e que é possível obter mudanças genéticas na média da população por meio da seleção.

No caso das características de morfologia, as estimativas de herdabilidade para E, P e M foram baixas e inferiores aos valores de 0,24, 0,63 e 0,48 obtidos por Koury Filho et al. (2009). Assim, espera-se pouca resposta a seleção para estas características no grupo de animais avaliados. A herdabilidade é um parâmetro específico de uma característica e rebanho, sob condições ambientais específicas. Entretanto, mesmo considerando diferenças genéticas entre as populações avaliadas no presente estudo e naquele realizado por Koury Filho et al. (2009), as diferenças observadas nas estimativas de herdabilidade foram altas e podem refletir, também, diferenças na qualidade da coleta de dados. Portanto, é recomendado que os técnicos responsáveis pela coleta de características visuais estejam treinados e realizem os procedimentos de forma padronizada.

A inclusão das covariáveis idade e, ou, peso inicial nos modelos estatísticos para análise de características de crescimento, reprodutivas e de morfologia de tourinhos Nelore implicou em mudanças nas estimativas dos componentes de variância (Tabela 3) e nos valores genéticos preditos, como pode ser visualizado nos resultados das médias das correlações de Pearson e Spearman entre os valores genéticos preditos (Tabela 4).

Tabela 4. Médias de correlações de Pearson e Spearman entre os valores genéticos para características de crescimento, reprodutivas e de morfologia de tourinhos Nelore em provas de ganho em peso a pasto, em modelos estatísticos sem ou com a inclusão das covariáveis peso (P_I) e idade inicial (I_I)

Covariáveis incluídas	Covariáveis incluídas	Características ¹							
		P550	GMD	\hat{b}	PE	VT	E	P	M
Correlação de Pearson									
-	I _I	0,98	0,98	0,98	0,84	0,82	0,92	0,96	0,95
-	P _I	0,58	0,98	0,99	0,91	0,89	0,69	0,88	0,84
-	I _I + P _I	0,58	0,96	0,97	0,83	0,85	0,71	0,88	0,83
I _I	P _I	0,60	0,97	0,98	0,79	0,95	0,68	0,88	0,82
I _I	I _I + P _I	0,60	0,98	0,98	0,98	0,91	0,74	0,91	0,85
P _I	I _I + P _I	1,00	0,97	0,98	0,79	0,96	0,98	0,99	0,99
Correlação de Spearman									
-	I _I	0,97	0,97	0,98	0,81	0,77	0,90	0,94	0,94
-	P _I	0,53	0,98	0,98	0,90	0,85	0,66	0,85	0,82
-	I _I + P _I	0,53	0,94	0,95	0,81	0,80	0,68	0,85	0,83
I _I	P _I	0,56	0,95	0,96	0,76	0,94	0,64	0,84	0,81
I _I	I _I + P _I	0,56	0,97	0,97	0,97	0,89	0,70	0,88	0,84
P _I	I _I + P _I	1,00	0,96	0,96	0,77	0,95	0,98	0,98	0,98

¹P550 = peso aos 550 dias de idade; GMD = ganho médio diário; \hat{b} = coeficiente de regressão linear do peso sobre a idade; PE perímetro escrotal; VT = volume testicular; E = estrutura corporal; P = precocidade; e M = musculosidade.

A inclusão das covariáveis peso e, ou, idade inicial nos modelos de análise genética resultaram em mudanças nos valores genéticos e na classificação dos tourinhos dentro de cada PGP. Esse resultado ficou mais evidente para as correlações envolvendo os valores genéticos para P550, mas modificações significativas também ocorreram para PE, VT, E, P e M. No caso específico de P550, a inclusão do peso inicial como covariável no modelo estatístico reduziu a variância genética aditiva em 80%, aproximadamente. O peso no início do teste representa quase 70% do P550. Então, se não houver ajuste das características de interesse para um peso inicial constante,

grandes diferenças no início do teste podem determinar o resultado final da prova e, desse modo, reduzir a eficiência deste tipo de teste como elemento essencial para identificação dos méritos genéticos de candidatos à reprodução nos programas de melhoramento genético de bovinos de corte.

CONCLUSÕES

Os modelo estatísticos sem peso e, ou, idade inicial como covariáveis não foram satisfatórios para análise do desempenho de tourinhos Nelore em provas de ganho em peso a pasto. As inclusões das covariáveis resultam em alterações nas variâncias, herdabilidades e valores genéticos preditos. As características de crescimento e reprodutivas apresentam herdabilidades moderadas e a seleção pode contribuir para modificação de suas médias. Por outro lado, as características de morfologia apresentam herdabilidades baixas, o que sugere que a seleção não é eficiente como ferramenta para modificar as médias dessas características ao longo do tempo.

REFERÊNCIAS

- AKAIKE, H.; Factor analysis and AIC ,The Institute of Statistical Mathematics, **Psychometrika**, v. 52, n. 3, p. 317-332, sep., 1987.
- AMARAL, T. B., SERENO, J. R. B., PELLEGRIN, A. O. Fertilidade, funcionalidade e genética de touros zebuínos. Corumbá. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2009.
- BAILEY, T. L.; HUDSON, R. S.; POWE, T. A.; RIDDELL, M. G.; WOLFE, D. F.; CARSON, R. L. Caliper and ultrasonographic measurements of bovine testicles and a mathematical formula for determining testicular volume and weight in vivo. **Theriogenology**, v. 49, n. 3,p. 581-594, feb., 1998.
- BOLIGON, A. A.; ALBUQUERQUE, L. G. Correlações genéticas entre escores visuais e características reprodutivas em bovinos Nelore usando inferência bayesiana. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 12,p. 1412-1418, dez., 2010.
- BOLIGON, A. A.; SILVA, J. A. V.; SESANA, R. C.; SESANA, J. C.; JUNQUEIRA, J. B.; ALBUQUERQUE, L. G. Estimation of genetic parameters for body weights, scrotal circumference, and testicular volume measured at different ages in Nelore cattle. **Journal of Animal Science**, v. 88, n. 4 , p.1215-1219, apr., 2010.
- CARNEIRO, A. P. S.; MUNIZ, J. A.; CARNEIRO, P. L. S.; MALHADO, C. H. M.; MARTINS FILHO, R.; SILVA, F. F. Identidade de modelos não lineares para comparar curvas de crescimento de bovinos da raça Tabapuã. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, n. 1, p. 57-62, jan., 2014.
- DAL-FARRA, R. A.; ROSO, V. M.; KILPP, D. V. Fatores de correção do perímetro escrotal para efeitos de idade, peso e heterozigose individual, em touros mestiços Angus x Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, supl. 1, p. 2002-2007, 2000.
- DALTON, D. C.; MORRIS, C. A. A review of central performance testing of beef bulls and of recent research in New Zealand. **Livestock Production Science**, v. 5, n. 2, p. 147-157, apr., 1978.
- FRAGOMENI, B. O.; SCALEZ, D. C. B.; TORAL, F. L.B.; BERGMANN, J. A. G.; PEREIRA, I. G.; COSTA, P. S. T. Genetic parameters and alternatives for evaluation and ranking of Nelore young bulls in pasture performance tests. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 42, n. 8, p. 559-564, feb., 2013.

GREGORY, K. E. Symposium on Performance Testing in Beef Cattle: Evaluating Postweaning Performance in Beef Cattle. **Journal of Animal Science**, v. 24, n. 1, p. 248-254, 1965.

JOSAHKIAN, L.A.; LUCAS, C.H.; MACHADO, C.H.C. Manual do Serviço de Registro Genealógico das Raças Zebuínas e PMGZ. Uberaba: Associação Brasileira dos Criadores de Zebu, 2009. 190p.

KIPPERT, C. J.; RORATO, P. R. N.; LOPES, J. S.; WEBER, T.; BOLIGON, A. A. Efeitos genéticos aditivos diretos e maternos e heterozigóticos sobre os desempenhos pré e pós-desmame em uma população multirracial Aberdeen Angus x Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 8, p.1383-1391, 2008.

KOURY FILHO, W.; ALBUQUERQUE, L. G.; ALENCAR, M. M.; FORNI, S.; SILVA, J. A. V.; LÔBO, R. B. Estimativas de herdabilidade e correlações para escores visuais, peso e altura ao sobreano em rebanhos da raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 12, p. 2362-2367, dec., 2009.

KOURY FILHO, W., ALBUQUERQUE, L. G.; FORNI, S.; SILVA, J. A. V.; YOKOO, M. J.; ALENCAR, M. M. Estimativas de parâmetros genéticos para os escores visuais e suas associações com peso corporal em bovinos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 5, p. 1015-1022, may 2010.

LOAIZA-ECHEVERRI, A. M.; BERGMANN, J. A. G.; TORAL, F. L. B.; OSORIO, J. P.; CARMO, A. S.; MENDONÇA, L. F.; MOUSTACAS, V. S.; HENRY, M. Use of nonlinear models for describing scrotal circumference growth in Guzerat bulls raised under grazing conditions. **Theriogenology**, v.79, n. 5, p.751-759, jan., 2013.

LIMA, P. R. M., PAIVA, S. R., COBUCCI, J. A., BRACCINI NETO, J., MACHADO, C. H. C., MCMANUS, C., Genetic parameters for type classification of Nelore cattle on central performance tests at pasture in Brazil. **Tropical Animal Health and Production**, v. 45, n. 7, p. 1627-1634, apr., 2013.

LOPES, F. B.; RORATO, P. R. N.; WEBER, T.; COMIN, J. G.; ARAÚJO, R. O. Fatores de correção para perímetro escrotal ao sobreano para tourinhos mestiços Aberdeen Angus x Nelore. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 61, n. 2, p. 413-419, apr., 2009.

MARQUES, E. G.; MAGNABOSCO, C. U.; LOPES, F. B.; SILVA, M. C. Estimativas de parâmetros genéticos de características de crescimento, carcaça e perímetro escrotal

de animais da raça Nelore avaliados em provas de ganho em peso em confinamento. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 1, p. 159-167, jan./feb., 2013.

MISZTAL, I. REMLF90 Manual. 2001. Disponível em:
<<http://nce.ads.uga.edu/~ignacy/numpub/blupf90/docs/remlf90.pdf>>. Acesso em: 06 mai. 2013.

NEVES, H. H. R., REIS P. F, MOTTA, F. P., GUARINI, A. R., CARVALHEIRO, R., SILVA, L. R., OLIVEIRA, J. A., QUEIROZ, S. A., Herd-of-origin effect on the post-weaning performance of centrally tested Nelore beef cattle. **Tropical Animal Health and Production**, v. 46, n. 7, p.1235-1241, jul., 2014.

PATTERSON, H. D.; THOMPSON, R. Recovery of inter-block information when block sizes are unequal. **Biometrika**, v. 58, n. 3, p. 545, dec., 1971.

PENÃ, C. D. O.; QUEIROZ, S. A.; FRIES, L. A. Comparação entre critérios de seleção de precocidade sexual e a associação destes com características decrescimento em bovinos Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 1,p. 93-100, 2001.

PEREIRA, J. C. C. Melhoramento genético aplicado à produção animal. 6ª ed. Belo Horizonte: Fundação de Estudo e Pesquisa em Medicina Veterinária e Zootecnia, 2012. 758p.

QUEIROZ, S. A.; OLIVEIRA, J. A.; COSTA, G. Z.; FRIES, L.A. Efeitos ambientais e genéticos sobre escores visuais e ganho em peso ao sobreano de bovinos Brangus. **Archivos de Zootecnia**, v. 62, n. 237, p: 111-121, 2013.

RAIDAN, F. S. S.; PASSAFARO, T. L.; FRAGOMENI, B. O.; JOSAHKIAN, L. A.; PEREIRA, I. G. TORAL, F. L. B. Genotype x environment interaction in individual performance and progeny tests in beef cattle. **Journal of Animal Science**, 2015 doi: 10.2527/jas2014-7983.

RAZOOK, A. G.; FIGUEIREDO, L. A.; CYRILLO, J. N. S. G. Prova de ganho de peso: normas adotadas pela Estação Experimental de Zootecnia de Sertãozinho. Nova Odessa: Instituto de Zootecnia, 1997. 42p. (Boletim Técnico, 40).

TEIXEIRA, R. A.; ALBUQUERQUE, L. G. Efeitos ambientais que afetam o ganho de peso pré-desmama em animais Angus, Hereford, Nelore e mestiços Angus-Nelore e Hereford-Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 4, p. 887-890, aug., 2003.

TORAL, F. L. B.; ALENCAR, M. M. Alternatives for analysis of performance data and ranking of Charolais x Nelore crossbred bulls in performance tests. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 7, p. 1484-1490, jul., 2010.

YOKOO, M. J. I.; ALBUQUERQUE, L. G.; LÔBO, R. B.; SAINZ, R. D.; CARNEIRO JÚNIOR, J. M.; BEZERRA, A. F.; ARAÚJO, F. R. C. Estimativas de parâmetros genéticos para altura do posterior, peso e circunferência escrotal em bovinos da raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 6, p. 1761-1768, 2007.