

## Estimação de Parâmetros Genéticos para Probabilidade de Prenhez aos 14 Meses e Altura na Garupa em Bovinos da Raça Nelore<sup>1</sup>

Josineudson Augusto II de Vasconcelos Silva<sup>2</sup>, Marcelo Hessel Van Melis<sup>3</sup>,  
Joanir Pereira Eler<sup>4</sup>, José Bento Sterman Ferraz<sup>4</sup>

**RESUMO** - Registros de 24.703 animais da raça Nelore, provenientes de seis fazendas, foram utilizados para estimar os coeficientes de herdabilidade e a correlação genética relativos às características probabilidade de prenhez aos 14 meses (PP14) e altura na garupa aos 450 dias de idade (AG450). O modelo matemático incluiu os efeitos fixos de grupo de contemporâneo (181 grupos) e classe de idade da mãe ao parto (7 classes) para PP14 e o efeito fixo de grupo de contemporâneo (584 grupos) para AG450. Os efeitos aleatórios incluídos em ambos os modelos foram genético aditivo do touro e residual. Os componentes de variância e covariância foram obtidos pelo método  $\mathfrak{R}$ . As estimativas de herdabilidade foram iguais a  $0,73 \pm 0,01$  e  $0,30 \pm 0,00$  para PP14 e AG450, respectivamente. A estimativa da correlação genética entre as características foi  $0,10 \pm 0,01$ . Os resultados mostram que PP14 pode ser usada em programas de seleção de touros com o intuito de aumentar a precocidade das novilhas, dado o alto valor de herdabilidade estimado para esta característica. A baixa correlação genética entre PP14 e AG450 sugere que seleção para crescimento, medida na altura da garupa, pouco poderá afetar a precocidade das novilhas medida pela PP14.

Palavras-chave: altura na garupa, correlação genética, herdabilidade, método  $\mathfrak{R}$ , prenhez de novilha

## Estimation of Genetic Parameters for Probability of Pregnancy at 14 Months and Hip Height in Nelore Beef Cattle

**ABSTRACT** - Records of 24,703 Nelore cattle from six herds were used to estimate coefficients of heritability for probability of pregnancy at 14 months (PP14) and hip height (HH) traits. For PP14, the mathematical model included as fixed effects the contemporary groups (181 groups) and dam age class at calving (7 classes) and for HH only contemporary groups (584 groups). Random effects included were genetic additive of sire and residual effects. Variance and covariance components were obtained by method  $\mathfrak{R}$ . Heritability estimates were  $0.73 \pm 0.01$  and  $0.30 \pm 0.00$  for PP14 and HH, respectively. Genetic correlation estimate between PP14 and HH was  $0.10 \pm 0.01$ . Results reveal that PP14 is of high heritability and, therefore, it can be indicated for selection programs of bulls with the objective of increasing the heifer fertility. The value of the genetic correlation suggests low genetic correlation between the two traits, indicating that selection for growth, measured by the HH, is not a so strong antagonism to the precocity of the heifers measured by PP14.

Key Words: genetic correlation, heritability, hip height, method  $\mathfrak{R}$ , probability of pregnancy at 14 months

### Introdução

As avaliações genéticas com a disponibilização da diferença esperada na progênie (DEP) têm sido uma ferramenta fundamental para a obtenção de progresso genético nos rebanhos de corte. As características relacionadas ao crescimento têm sido as mais trabalhadas e acredita-se que em pouco tempo um ponto ótimo para as diversas regiões de criação deverá ser atingido nos rebanhos para estas características. No entanto, Melton (1995) e Formigoni (2002), afirmam que a reprodução é o principal fator que influencia a rentabilidade de um rebanho de corte e enfatizam a importância da precocidade e da fertili-

dade sobre a produtividade de rebanhos comerciais, especialmente na exploração do sistema de cria.

O principal motivo para as características reprodutivas não serem consideradas amplamente em programas de melhoramento genético se deve ao fato destas, em geral, apresentar baixa herdabilidade, em parte por tratar-se de características categóricas, que não apresentam expressão fenotípica contínua. O emprego de metodologias modernas e adequadas para obtenção dos parâmetros genéticos de características categóricas e de crescimento, por meio de análises multivariadas, é de interesse ao melhoramento genético animal, especialmente para as características reprodutivas e pode trazer grande contri-

<sup>1</sup> Pesquisa financiada pela FAPESP e CNPq.

<sup>2</sup> Pós-doutorando, Bolsista FAPESP, FZEA/USP, Pirassununga, SP, CP. 23, CEP: 13635-970. E-mail: jaugustovs@yahoo.com

<sup>3</sup> MS em Zootecnia, FZEA/USP. E-mail: mhvmelis@yahoo.com

<sup>4</sup> Professores da FZEA/USP. E-mail: joapeler@usp.br; jbferraz@usp.br

buição para a pecuária de corte.

As características reprodutivas taxa de prenhez de novilha (Evans et al., 1999) e probabilidade de prenhez aos 14 meses (PP14) (Eler et al., 2001) são similares, uma vez que ambas indicam a probabilidade de uma novilha estar prenhe após o término da estação de monta. É uma característica binária, ou seja, recebe o valor 1 (um) caso o diagnóstico confirme prenhez e 0 (zero), em caso contrário. As estimativas de herdabilidade reportadas na literatura para a característica PP14 foram de  $0,21 \pm 0,11$ ;  $0,13 \pm 0,89$  e  $0,57 \pm 0,01$ , segundo Doyle et al. (1996), Evans et al. (1999) e Eler et al. (2001), respectivamente, sendo indicada pelos autores como uma característica a ser utilizada na seleção de touros.

A maioria dos trabalhos publicados com características indicadoras de precocidade está relacionada ao perímetro escrotal. Esta característica apresenta correlação negativa com características reprodutivas, tais como, idade ao primeiro parto, dias para o parto e duração de gestação (Pereira et al., 1998). Desta forma, seleção para perímetro escrotal implicaria em ganhos genéticos para estas características de eficiência reprodutiva. Com base na altura da garupa de animais da raça Brahman, Vargas et al. (1999) dividiram os animais em três grupos: pequenos (115 a 126 cm), médios (127 a 133 cm) e grandes (134 a 145 cm), e relataram que as fêmeas dos grupos pequeno e médio alcançaram mais cedo a idade a puberdade, pariram mais cedo, tiveram melhores taxas de desmama e produziram mais quilogramas de bezerros por vaca exposta do que as fêmeas do grupo grande.

Existem ainda evidências de que a altura na garupa (AG) seja uma característica com correlação moderada e positiva com perímetro escrotal (Vargas et al., 1998), peso à desmama (Vargas et al., 2000), peso aos 378 dias de idade, e outras medidas corporais (Cyrillo et al., 2001).

As estimativas de herdabilidade para AG podem ser consideradas expressivas. Vargas et al. (2000) encontraram valores de 0,73 e 0,87, para AG à desmama e aos 18 meses de idade, em animais Brahman. Por outro lado, Cyrillo et al. (2001) e Cyrillo et al. (2002) obtiveram os valores de 0,33 e 0,48 em animais da raça Nelore com modelo touro e modelo animal, respectivamente.

O objetivo deste estudo foi estimar os parâmetros genéticos para as características probabilidade de prenhez aos 14 meses e altura na garupa em animais da raça Nelore.

## Material e Métodos

### Dados

O conjunto de dados analisado contou com 24.703 animais da raça Nelore, todos com pai e mãe conhecidos e nascidos durante os anos de 1993 a 1999. Os dados foram provenientes de seis fazendas da Agro-Pecuária CFM Ltda, constante do banco de dados processado pelo Grupo de Melhoramento Genético Animal da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos - USP, Pirassununga / SP.

A Agro-Pecuária CFM Ltda possui animais da raça Nelore, consistindo em, aproximadamente, 17.000 vacas e vendendo em média 2.000 tourinhos por ano de uma produção de aproximadamente 7.000 machos desmamados. As fazendas estudadas estão situadas nos Estados de São Paulo, Mato Grosso do Sul e Goiás.

O resumo do conjunto de dados editado após eliminação dos grupos de contemporâneos (GC) sem variabilidade para PP14, ou seja, aqueles em que todos os animais apresentam mesma categoria de resposta (0 ou 1), é mostrado na Tabela 1. O conjunto de dados incluiu 282 touros e 14.536 mães.

O procedimento de retirar da análise estatística os GC em que todas as novilhas integrantes deste apresentam a mesma variável resposta, sucesso ou fracasso, tem sido bastante discutido na literatura. Berger (1994), ressalta que considerar o efeito de GC como aleatório permanece discutível e considerá-lo como efeito fixo pode resultar em estimativas baixas ou altas quando estes GC sem variabilidade não são retirados. Esta discussão também é debatida por Harville & Mee (1984), os quais sugerem, como solução, a retirada dos GC com todos os escores em uma mesma categoria.

Tabela 1 - Resumo dos arquivos de dados editados  
Table 1 - Summary of edited data sets

Característica <i>Trait</i>	NO	NOMP <i>NORM</i>	NGC <i>NGC</i>
PP14	8.668	54.298	181 (3 fazendas)
<i>PP14</i>			<i>3 herds</i>
AG450	16.035		589 (6 fazendas)
<i>HH</i>			<i>6 herds</i>

PP14 – probabilidade de prenhez aos 14 meses; AG450 – altura na garupa ajustada para 450 dias; NO – número de observações; NOMP – número de observações na matriz de parentesco; NGC – número de grupos de contemporâneos.

*PP14* – probability of pregnancy at 14 months; *HH* – hip height adjusted for 450 days; *NO* – number of observations; *NORM* – number of observations in relationship matrix; *NGC* – number of contemporary groups.

Os animais foram mantidos em regime de pasto, sem suplementação. A estação de monta teve início no mês de outubro e término em janeiro, com duração de 60 dias para as vacas e 90 dias para as novilhas. Foi utilizada inseminação artificial e monta natural, em lotes com reprodutores únicos e múltiplos. No final de cada estação de monta, as vacas vazias foram descartadas, com exceção das novilhas de 14 meses, as quais tiveram oportunidade de entrar na estação de monta seguinte. Algum descarte foi feito também por baixo desempenho da progênie ao desmame e por aspectos sanitários.

A característica PP14 foi definida como a probabilidade da novilha, com média de 14 meses de idade (12 a 16 meses), estar prenhe no diagnóstico de prenhez realizado por toque retal após 90 dias do final da estação de monta. No caso de confirmação de prenhez, as novilhas recebiam o valor um (sucesso), sendo que as diagnosticadas como vazias recebiam o valor zero (fracasso).

A característica AG foi obtida, em machos e fêmeas, no momento da pesagem por meio de fitas métricas instaladas no interior das balanças, mensurada pela distância em centímetros (cm) do solo a garupa. A medida do animal foi ajustada para 450 dias de idade (AG450), utilizando-se o coeficiente de regressão linear da altura em função da idade. A AG450 ficou igual a  $0,037766 * (\text{idade do animal na mensuração})$ , com a idade do animal variando de 364 a 651 dias. A AG450 apresentou média de 137,5 cm, com variação de 125,0 a 155,0 cm.

#### Modelo matemático

O modelo matemático para PP14 incluiu os efeitos fixos de grupo de contemporâneo (rebanho, ano de nascimento e grupo de manejo à desmama, num total de 181 grupos) e classe de idade da mãe ao parto (7 classes: 1, até 27 meses; 2, de 28 a 36 meses; 3, de 37 a 48 meses; 4, de 49 a 72 meses; 5, de 73 a 120 meses; 6, de 121 a 144 meses; e 7 maior que 144 meses). Para AG450 o modelo incluiu somente o efeito fixo de grupo contemporâneo (rebanho, ano de nascimento, sexo, grupo de manejo na desmama e grupo de manejo ao sobreano, com um total de 584 grupos). Os efeitos aleatórios considerados nos modelos descritos acima foram o genético aditivo de touro e o residual.

Os componentes de variância das características foram estimados utilizando-se os procedimentos do método  $\Re$  (Reverter et al., 1994b), assumindo um

modelo não-linear bivariado, também chamado de modelo de limiar. A escolha pelo modelo não-linear deve-se ao fato de a característica PP14 não apresentar distribuição normal e pelo fato dos modelos lineares não considerarem a distribuição não normal do erro associado com a característica observada em categorias, como a PP14.

O método  $\Re$ , desenvolvido por Reverter et al. (1994b) é um procedimento de estimação baseada na regressão linear da mais acurada na menos acurada predição genética. A predição genética mais acurada é obtida utilizando todo o conjunto de dados e a menos acurada obtida de uma amostra aleatória de 50% dos dados. O valor esperado para o coeficiente de regressão é igual a um (1). Um coeficiente de regressão maior ou menor que um (1) indica presença de viés (Reverter et al., 1994a). Quando a regressão (R) for maior que um, a herdabilidade é considerada superestimada e quando for menor que um, a herdabilidade se apresenta subestimada. O coeficiente de regressão do método  $\Re$  pode ser iteragido até  $R = 1$ , dentro de um pré-determinado critério de convergência. A estatística de regressão (R) usada é a seguinte:

$$R = \frac{\hat{\mu}'_w A^{-1} \hat{\mu}_p}{\hat{\mu}'_p A^{-1} \hat{\mu}_p}$$

em que,  $\hat{\mu}_w$  = predições mais acuradas para o conjunto de dados completo;  $\hat{\mu}_p$  = predições menos acuradas para uma sub-amostra aleatória de 50 % dos dados;  $A^{-1}$  = inversa da matriz de parentesco; R = coeficiente de regressão.

O método  $\Re$  tem como principal vantagem a utilização de um algoritmo que requer apenas os valores genéticos preditos, os quais podem ser obtidos por método iterativo, não exigindo a decomposição de Cholesky do sistema de equações (DF-REML), sua inversa (EM-REML) ou derivadas (Newton-Raphson-REML). Isto implica em maior velocidade no processamento e menor demanda de memória nos computadores. Esta praticidade tem feito do método  $\Re$  o escolhido para estimação de componentes de variância de dominância em modelos complexos e grandes (Misztal, 1997; Misztal et al., 1997; Culbertson et al., 1998).

Segundo Reverter et al. (1994b), o método  $\Re$  tem propriedades desejáveis de convergência, precisão e praticidade computacional. Misztal (1997) ressaltou

que, entre outras propriedades desejáveis, o método  $\mathfrak{R}$  é robusto ao viés causado pelos acasalamentos não-aleatórios, por considerar a matriz de parentesco, e que é tão robusto quanto o REML à seleção causada pelas substituições não aleatórias e pelo controle seletivo de dados.

Snelling et al. (1995) modificaram o método  $\mathfrak{R}$  para estimar os componentes de variância por modelos de "probit", de limiar máximo "a posteriori" (MAP) e a herdabilidade para a característica habilidade de permanência de vacas no rebanho, em análise univariada. Kaiser (1996) modificou o software "ds6" presente no pacote ABTK 2.0 (GOLDEN et al., 1992), usado para análises de características contínuas univariadas pelo método  $\mathfrak{R}$ , para uma nova versão "dscat", que estima componentes de (co)variância para uma ou mais características contínuas e uma característica categórica. A modificação incluiu: correção das equações de escore de Fisher para a covariância do erro, reconhecimento de dados contínuos e categóricos e execução de análises com modelo MAP e o método  $\mathfrak{R}$  (MAP-R).

O software "dscat", presente no pacote ABTK 2.0 (Golden et al., 1992), foi utilizado para a estimação dos componentes de (co)variância deste trabalho. Para estimação dos coeficientes de herdabilidade e correlação genética, foi realizada análise bivariada das características PP14 e AG450, em que foi utilizado o mesmo software.

Foram calculados também os intervalos de confiança a 95% para as estimativas de herdabilidade das características analisadas. O intervalo de confiança é um procedimento que permite obter informações adicionais sobre as estimativas obtidas pelo método  $\mathfrak{R}$ , e foi obtido a partir da transformação Box-Cox, segundo procedimento descrito por Mallinckrodt et al. (1997).

Inicialmente foi utilizado modelo animal completo para obtenção dos componentes de variância e covariância, porém, a convergência para o fator de regressão referente à covariância genética não foi atingida. Esta dificuldade tem sido descrita na utilização de modelos de limiar (não lineares) quando o número de efeitos fixos é muito grande (Hoeschele & Tier, 1995; Moreno et al., 1997) e existe grande variabilidade entre os efeitos. Segundo Berger (1994), a maior parte dos estudos com aplicação de modelos não lineares tem utilizado o modelo touro ao invés do modelo animal, devido a estas dificuldades.

## Resultados e Discussão

A estimativa do coeficiente de herdabilidade com seu respectivo erro-padrão foi igual a  $0,73 \pm 0,01$  para PP14. Este valor foi obtido de 304 repetidas subamostras aleatórias de 50% dos dados, número este suficiente para obtenção de estimativa de herdabilidade média com baixo erro-padrão (Tabela 2; Figura 1). O critério de convergência utilizado foi de  $10^{-10}$ .

Verifica-se, na Figura 1, que o comportamento das estimativas de herdabilidade para PP14 não foi simétrico e esta falta de simetria é refletida pela diferença das estimativas da média e mediana, implicando que a mediana pode fornecer melhor medida de tendência central.

Os limites inferior e superior do intervalo de confiança a 95% das estimativas de herdabilidade para PP14, que foram normalizados pela transformação Box-Cox e retransformadas para a escala dos valores das estimativas de herdabilidades obtidas, foram de 0,51 a 0,94. A amplitude entre o valor máximo e mínimo do intervalo de confiança permitem inferir, com maior confiabilidade, sobre as estimativas obtidas, que o intervalo encontrado neste trabalho foi alto, sugerindo que este fato é devido ao alto valor médio da estimativa da herdabilidade encontrada e à presença de alta quantidade de valores intermediários. Contudo, o limite inferior de 0,51 sugere alta herdabilidade para PP14.

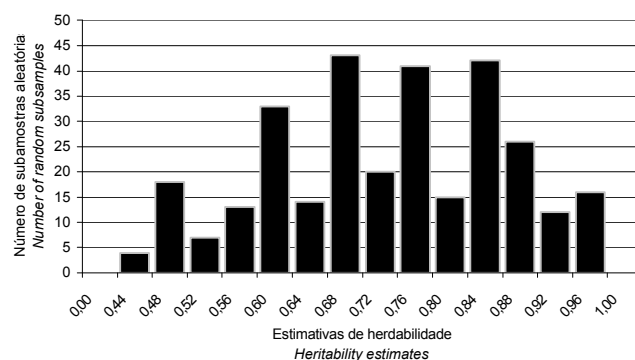


Figura 1 - Freqüência das estimativas de herdabilidade para Probabilidade de Prenhez aos 14 meses (PP14) em novilhas Nelore.

Figure 1 - Frequency of heritability estimates for probability of pregnancy at 14 months (PP14) in Nelore heifers.

Tabela 2 - Estimativa de herdabilidade média, erro-padrão, mediana e intervalo de confiança a 95% para Probabilidade de Prenhez aos 14 meses (PP14) e Altura na Garupa aos 450 dias (AG450) em animais da raça Nelore  
 Table 2 - Estimates of mean heritability, standard error of mean heritability, median and approximate confidence interval at 95% for probability of pregnancy at 14 months (PP14) and hip height (HH) in Nelore cattle

Característica <i>Trait</i>	Herdabilidade <i>Heritability</i>	Erro-Padrão <i>Standard Error</i>	Mediana <i>Median</i>	IC 95% <i>CI 95%</i>
PP14	0,73	0,01	0,74	0,51 -0,94
AG450 HH	0,30	0,00	0,29	0,20 -0,43

IC 95% - intervalo de confiança a 95%.

CI 95% - confidence interval at 95%.

O coeficiente de herdabilidade alto para PP14 obtido neste trabalho foi superior aos encontrados por Snelling et al. (1996), Doyle et al. (1996), Evans et al. (1999) e Eler et al. (2001), mas todos caracterizam a PP14 como uma característica herdável e que permite a obtenção de resposta à seleção. É provável que os valores mais altos obtidos neste trabalho sejam devido à utilização do modelo touro, pois este procedimento não inclui a relação das mães (mérito genético das mães), sendo a variância genética aditiva estimada somente com base nos touros e seus ascendentes sendo que na estimação da herdabilidade a variância de touro deve ser multiplicada por quatro.

Entretanto, Eler et al. (2001), obtiveram herdabilidade de 0,57 com o mesmo conjunto de dados e modelo animal univariado, incluindo todos os animais do pedigree até a décima geração, e novilhas com pai desconhecido, valor também considerado alto. Deve ser também observado que a utilização de análises bivariadas pode gerar maiores componentes de variâncias, devido ao maior relacionamento existente entre os animais pelo pedigree e a estimação da covariância genética existente das características.

A estimativa da herdabilidade e erro-padrão de AG450 foi igual a  $0,30 \pm 0,00$  (Tabela 2). Este valor é menor que os encontrados por Vargas et al. (1998, 1999 e 2000) e similar ao de Cyrillo et al. (2001) utilizando também modelo touro. O valor da mediana foi de 0,29 e o intervalo de confiança a 95% foi de 0,20 a 0,43. Na Figura 2, observa-se que a coluna com maior quantidade de sub-amostras das estimativas engloba os valores encontrados para a herdabilidade média e a mediana, sugerindo confiabilidade na estimativa média obtida.

A correlação genética entre as características PP14 e AG450 foi de  $0,10 \pm 0,01$ . Este resultado indica correlação positiva, mas de valor que pode ser

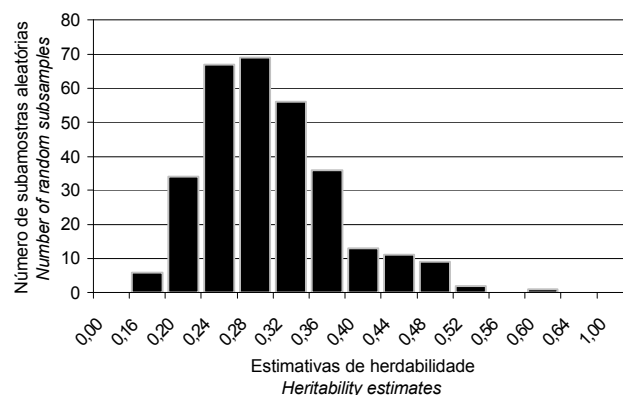


Figura 2 - Frequência das estimativas de herdabilidade para Altura na garupa aos 450 (AG450) dias em animais Nelore.

Figure 2 - Frequency of heritability estimates for hip height in Nelore animals.

considerado baixo. Dessa forma, um animal com maior altura de garupa, sugerindo um maior crescimento corporal, não terá, necessariamente, maior probabilidade de entrar numa estação de monta aos 14 meses e emprenhar (indicativo de precocidade sexual). Não foram encontradas referências na literatura sobre a correlação entre estas duas características, mas estudos recentes mostram a não existência de correlação negativa entre crescimento e precocidade ou fertilidade (Mercadante et al., 2000; Silva et al., 2000). São necessários, portanto, mais estudos que permitam inferências mais seguras acerca de uma possível correlação de baixa magnitude entre PP14 e características de crescimento e, ainda, que permitam indicar que DEP de animais com valores altos para crescimento não trazem, de forma consistente, perdas econômicas relacionadas com a PP14.

## Conclusões

O valor da herdabilidade da probabilidade de prenhez aos 14 meses encontrada neste trabalho (0,73) indica que esta característica pode ser utilizada em programas de seleção de touros com o intuito de aumentar a precocidade reprodutiva das suas filhas. A correlação genética entre PP14 e AG450 (0,10) indica que a seleção para crescimento, medida pela altura na garupa, tem pouca influência sobre a precocidade reprodutiva das novilhas.

## Literatura Citada

- BERGER, P.J. Genetic prediction for calving ease in the United States: data, models, and use by the dairy industry. **Journal of Dairy Science**, v. 77, n. 4, p. 1146-1153, 1994.
- CULBERTSON, M.S.; MABRY, J.W.; MISZTAL, I. et al. Estimation of dominance variance in purebred Yorkshire swine. **Journal of Animal Science**, n.76, p.448-451, 1998.
- CYRILLO, J.N.S.G.; RAZOOK, A.G.; FIGUEIREDO, L.A. et al. Estimativas de tendências e parâmetros genéticos do peso padronizado aos 378 dias de idade, medidas corporais e perímetro escrotal de machos Nelore de Sertãozinho, SP. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 1, p. 56-65, 2001.
- CYRILLO, J.N.S.G.; RAZOOK, A.G.; MERCADANTE, M.E.Z. et al. Genetic changes to selection for yearling weight and correlated responses on body measurements in Nelore cattle. In: WORLD CONGRESS OF GENETICS APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION, 7., 2002, Montpellier. **Proceedings...** Montpellier: WCGALP, 2002. CD-ROM. Breeding ruminants for meat production. Communication nã 02-83.
- DOYLE, S.P.; GREEN, R.D.; GOLDEN, B.L. et al. Genetic parameter estimates for heifer pregnancy rate and subsequent rebreeding rate in Angus cattle. **Journal of Animal Science**, v.74, suppl.1, p.117, 1996.
- ELER, J.P.; SILVA, J.A. II V.; FERRAZ, J.B.S. et al. Genetic evaluation of the probability of pregnancy at 14 months for Nelore heifers. **Journal of Animal Science**, v. 80, n. 3, p. 951-954, 2002.
- EVANS, J.L.; GOLDEN, B.L.; BOURDON, R.M.; LONG, K.L. Additive genetic relationship between heifer pregnancy and scrotal circumference in Hereford cattle. **Journal of Animal Science**, v. 77, n. 10, p. 2621-2628, 1999.
- FORMIGONI, I.B. **Estimação de valores econômicos para características componentes de índices de seleção em bovinos de corte**. Pirassununga: Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos. 2002. 179p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos / Universidade de São Paulo. 2002.
- GOLDEN, B.L.; SNELLING, W.M.; MALLINCKRODT, C.H. **Animal breeder's toolkit: User's guide and reference manual**. Colo. State Univ. Agric. Exp. Stn. Tech. Bull. LTB92-2. 1992.
- HARVILLE, D.A.; MEE, R.W. A mixed model procedure for analysing ordered categorical data. **Biometrics**, v. 40, p. 393-408, 1984.
- HOESCHELE, I., TIER, B. Estimation of variance components of threshold characters by marginal posterior modes and means via Gibbs sampling. **Genetics Selection Evolution**, v.27, n.6, p.519-540, 1995.
- KAISER, C.J. **Incorporating birth weight information into a calving ease threshold model analysis**. Fort Collins: Colorado State University, 1996. Ph.D. (Dissertation) - Colorado State University, 1996.
- MALLINCKRODT, C.H.; GOLDEN, B.L.; REVERTER, A. Approximate confidence intervals for heritability from Method R estimates. **Journal of Animal Science**, v. 74, p.2041-2046, 1997.
- MELTON, B.E. Conception to consumption: The economics of genetic improvement. In: PROCEEDINGS BEEF IMPROVEMENT FEDERATION, 27., 1995, Sheridan. **Proceedings...** Sheridan: BIF. 1995. p.40-47.
- MERCADANTE, M.E.Z.; LOBO, R.B.; OLIVEIRA, H.N. Estimativas de (co)variâncias entre características de reprodução e de crescimento em fêmeas de um rebanho Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, p. 997-1004, 2000.
- MISZTAL, I. Estimation of variance components with large-scale dominance models. **Journal of Dairy Science**, v. 80, p. 965-974, 1997.
- MISZTAL, I.; LAWLOR, T.J.; FERNANDO, R.L. Dominance models with method R for stature of Holstein. **Journal of Dairy Science**, v. 80, p. 975-978, 1997.
- MORENO, C.; SORENSEN, D.; GARCIA CORTES, L.A. et al. On biased inference about variance components in the binary threshold model. **Genetics Selection Evolution**, v.29, n.2, p. 145-160, 1997.
- PEREIRA, E.; ELER, J.P.; FERRAZ, J.B.S. et al. Correlação genética entre perímetro escrotal e algumas características reprodutivas na raça Nelore. In: CONGRESSO BRASILEIRO DAS RAÇAS ZEBUÍNAS, 3., 1998, Uberaba. **Anais...** Uberaba: ABCZ, 1998, p.381-384.
- REVERTER, A.; GOLDEN, B.L.; BOURDON, R.M. et al. Method R variance components procedure: Application of the simple breeding value model. **Journal of Animal Science**, v.72, p.2247-2253, 1994a.
- REVERTER, A.; GOLDEN, B.L.; BOURDON, R.M. et al. Technical note: detection of bias in genetic predictions. **Journal of Animal Science**, v.72, p.34-37, 1994b.
- SILVA, A.M.; ALENCAR, M.M.; FREITAS, A.R. et al. Herdabilidades e correlações genéticas para peso e perímetro escrotal de machos e características reprodutivas e de crescimento de fêmeas, na raça Canchim. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, p.2223-2230, 2000.
- SNELLING, W.M.; GOLDEN, B.L.; BOURDON, R.M. Within herd genetic analyses of stayability of beef females. **Journal of Animal Science**, v.73, p.993-1001, 1995.
- SNELLING, W.M.; MacNEIL, M.D.; GOLDEN, B.L. Application of continuous and binary trait methods to reproductive measure of Hereford cattle. **Journal of Animal Science**, v.74, suppl.1, p.115, 1996.
- VARGAS, C.A.; ELZO, M.A.; CHASE, C.C. et al. Estimation of genetic parameters for scrotal circumference, age at puberty in heifers, and hip height in Brahman cattle. **Journal of Animal Science**, v.76, n.10, p.2536-2541, 1998.
- VARGAS, C.A.; OLSON, T.A.; CHASE, C.C. et al. Influence of frame size and body condition score on performance of Brahman cattle. **Journal of Animal Science**, v.77, n.12, p.3140-3149, 1999.
- VARGAS, C.A.; ELZO, M.A.; CHASE, C.C. et al. Genetic parameters and relationship between hip height and weight in Brahman cattle. **Journal of Animal Science**, v.78, n.12, p.3045-3052, 2000.

Recebido em: 25/06/02

Aceito em: 08/04/03