

# Análise Genética da Característica Dias para o Parto em Bovinos da Raça Nelore

S. Forni<sup>1</sup>, L. Talarico Dias, L. G. de Albuquerque

Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal – Departamento de Zootecnia  
– Melhoramento Genético Animal. UNESP, SP. Brasil

## Genetic Analysis of Days to Calving in Nelore Beef Cattle

**Abstract.** A Nelore population data was analyzed to estimate genetic parameters for days to calving (DC) and verify the possibility of using it as a selection criterion. There were 49698 calving observations from 36196 females. Data were analyzed using a single-trait animal model. The fixed effects were contemporary groups, calf sex and age of dam at joining as a covariable. The contemporary groups were composed by farm, year, season and handling group at joining and mating type (mating group with multiple sires, mating group with one sire or artificial insemination). The inclusion of permanent environmental effect of animal did not increase the likelihood function significantly. Heritability estimate was  $0.090 \pm 0.006$ , indicating that DC is strongly influenced by the environment.

**Keywords:** Beef Cattle, Reproductive Trait, Heritability, Animal Model.

© 2003 ALPA. Todos los derechos reservados

Arch. Latinoam. Prod. Anim. 2003. 11(3): 143-148

**Resumo.** Foram analisadas 49698 observações de partos de 36196 fêmeas da raça Nelore com o objetivo de estimar parâmetros genéticos para a característica Dias para o Parto (DPP) e verificar a possibilidade de utilizá-la como critério de seleção. As análises foram realizadas utilizando-se modelo animal uni-característica, os efeitos fixos considerados foram grupo contemporâneo, sexo do bezerro, e idade da vaca no início da estação de monta como covariável. O grupo contemporâneo foi definido por: fazenda, ano, estação e grupo de manejo da estação de monta e tipo de serviço (monta natural, monta controlada ou inseminação artificial). A inclusão do efeito de ambiente permanente do animal no modelo não aumentou significativamente a função de máxima verossimilhança. O coeficiente de herdabilidade estimado para a característica foi  $0.090 \pm 0.006$ , evidenciando que DPP sofre grande influência dos fatores ambientais.

**Palavras-Chaves:** Gado de Corte, Característica Reprodutiva, Herdabilidade, Modelo Animal.

## Introdução

O desempenho reprodutivo dos animais é um dos principais fatores determinantes da eficiência total de produção na bovinocultura de corte. Cada vez mais, precocidade sexual e assiduidade reprodutiva são características desejáveis em um rebanho de corte, vários trabalhos têm relatado a importância da inclusão de características reprodutivas em programas de seleção.

Mattos & Rosa (1984) relataram que a baixa eficiência reprodutiva é o principal fator limitante da produção em rebanhos bovinos. Newman *et al.*

(1992) avaliaram os objetivos da seleção de gado de corte na Nova Zelândia, concluindo que a retirada de características reprodutivas do índice utilizado diminuiria substancialmente a eficiência da seleção em termos econômicos. Barwick *et al.* (1995) determinaram que a importância econômica relativa da fertilidade, avaliada através da taxa de desmama, em relação ao crescimento no rebanho foi de 0.6:1, 1:1, 1.4:1 quando fizeram projeções para 5, 13 e 20 anos, respectivamente, comprovando a importância da eficiência reprodutiva. Além disso, o processo reprodutivo determina qual o progresso genético possível de se obter em outras característi-

Recibido Septiembre 10, 2002. Aceptado Octubre 03, 2003

<sup>1</sup>Via de Acesso Prof Paulo Donato Castellane s/n° CEP 14884-900 Jaboticabal – SP – Brasil. E-mail: forni@fcav.unesp.br; laila@fcav.unesp.br; lgalb@fcav.unesp.br

cas, pois fornece qual a pressão de seleção que pode ser exercida.

Entretanto, como reconhecido por Notter e Johnson (1988), as características reprodutivas são difíceis de se medir, registrar e interpretar, e os procedimentos disponíveis para a predição dos méritos genéticos dos animais, na maioria dos casos, não são diretos. As características mais comumente utilizadas para descrever a fertilidade de fêmeas são: idade à puberdade, número de serviços por concepção, período de gestação, idade ao primeiro parto e intervalo de partos; a maioria delas exige observações rigorosas e registro preciso de datas, o que nem sempre é possível em sistemas extensivos.

Em sistemas de pastagens, as únicas informações prontamente disponíveis sobre a vida reprodutiva das fêmeas são o período de exposição à monta e a ocorrência ou não do parto, com sua respectiva data, o que faz com que o intervalo de partos seja a medida mais utilizada para se avaliar a eficiência reprodutiva das vacas durante sua vida útil. Embora possa ser utilizada para expressar a qualidade reprodutiva dos rebanhos, o intervalo de partos pode não ser a característica mais adequada para a seleção e o descarte de fêmeas (Gressler *et al.*, 2000). O uso do intervalo entre partos como medida de assiduidade reprodutiva em gado de corte tem sido questionado devido à utilização de estações de monta fixas neste tipo de exploração, o que pode causar um viés na medida (Bourdon e Brinks, 1983), vacas que parem mais cedo na estação de nascimentos são forçadas a um maior período pós-parto até a próxima estação de monta, podendo apresentar cio neste período e não ter a chance de emprenhar. No Brasil, a utilização da estação de monta em rebanhos de gado de corte é bastante comum. Esta prática, além de facilitar o manejo dos animais para a reprodução, permite concentrar os nascimentos em determinados meses do ano que sejam mais apropriados em função do crescimento das pastagens, e conseqüentemente favorece a uniformidade dos lotes. Outra vantagem da utilização da estação de monta é a facilidade de detecção, e conseqüente descarte, de animais com problemas reprodutivos.

Outras características têm sido propostas como alternativas para se avaliar a fertilidade de fêmeas. Entre elas está Dias para o Parto (DPP), que consiste no intervalo, em dias, entre o primeiro dia da estação de monta de cada ano e a data do parto subseqüente.

Segundo Bergmann (1993) DPP tem sido recomendada para avaliação do desempenho reprodutivo das fêmeas bovinas de corte por ser uma característica indicadora da habilidade individual das vacas para conceberem cedo na estação de monta e parirem cedo na estação de nascimento. Além disto, reflete a

variabilidade das fêmeas em mostrar atividade de estro durante a estação de monta, o número provável de serviços requeridos para a prenhez, a duração da gestação e conseqüentemente a data do parto (Newman *et al.*, 1992). Gutiérrez *et al.* (2002), ao avaliarem características reprodutivas e características de tipo em rebanhos de gado de corte, observaram que DPP sofreu menor influência das práticas de manejo do que a característica intervalo de partos.

Considerando a importância de se avaliar a fertilidade em gado de corte, o objetivo deste trabalho foi estudar a característica DPP em uma população de animais da raça Nelore para estimar parâmetros genéticos e verificar a possibilidade de utilizá-la como critério de seleção.

## Material e Métodos

Foram analisadas 49698 observações de partos de 36196 fêmeas nascidas no período de 1984 a 1998 pertencentes ao rebanho Nelore da Agropecuária Jacarezinho, situada no município de Valparaíso-SP. A matriz de parentesco utilizada apresentou 47752 animais. A fazenda se dedica a criação de bovinos de corte em pastagens, os animais são periodicamente avaliados e selecionados, a maior parte dos acasalamentos ocorrem por monta natural em duas estações de monta distintas. A primeira estação de monta do ano tem início em abril e perdura por aproximadamente 60 dias, participam desta apenas as novilhas de 16 a 18 meses. A segunda começa no mês de novembro e tem duração aproximada de 75 dias, onde todas as fêmeas têm a oportunidade de emprenhar, incluindo as novilhas que participaram da primeira estação e falharam, está é a única ocasião em que se é dada uma segunda chance para a fêmea que não emprenhou.

Assim, os nascimentos referentes a cada uma das estações estão concentrados em dois períodos distintos, entre dezembro e março e entre julho e novembro, respectivamente. Foram consideradas nas análises apenas as fêmeas que tiveram partos notificados em um desses períodos. A influência dos efeitos de grupo contemporâneo, de sexo do bezerro e do efeito linear e quadrático da idade da vaca no início da estação de monta sobre DPP foram verificados utilizando-se um modelo fixo através do procedimento GLM do programa SAS (Statistical Analysis System, 1998), estes efeitos foram testados uma vez que investigações preliminares indicaram a importância dos mesmos sobre a característica estudada (Jonhston e Bunter, 1996; Bergmann *et al.*, 1998; Pereira *et al.*, 2000; Pereira, 2001). Duas definições de grupo contemporâneo foram avaliadas,

a primeira (GC1) com as seguintes informações: fazenda, ano e estação da monta, grupos de manejo (nascimento, desmama e reprodução) e tipo de serviço (monta natural, monta controlada ou inseminação artificial); a segunda definição (GC2) continha as mesmas variáveis que a primeira e mais o sexo do bezerro. Foram eliminados dos arquivos os grupos com menos de quatro animais quando avaliado GC1, e com menos de três animais quando avaliado GC2.

Para a análise genética foram empregados dois modelos uni-característica que incluíam os efeitos fixos descritos acima. No primeiro modelo foi considerado como aleatório apenas o efeito genético direto (animal), o segundo modelo incluiu, além deste, o efeito de ambiente permanente do animal. A inclusão deste efeito foi avaliada através do Likelihood Ratio Test (Hogg e Craig, 1995).

1° modelo:  $y = Xb + Za + e$

2° modelo:  $y = Xb + Z_1a + Z_2p + e$

onde;

$y$  = vetor da variável dependente;

$b$  = vetor de efeitos fixos (grupo contemporâneo, sexo do bezerro, idade da vaca);

$a$  = vetor dos valores genéticos aditivos dos animais;

$p$  = vetor de ambiente permanente e efeito genético não aditivo dos animais;

$e$  = vetor de efeitos residuais;

$X$  e  $Z$  são as matrizes de incidência respectivas para cada efeito.

Os componentes de variância foram estimados por máxima verossimilhança restrita, utilizando o programa MTDFREML – Multiple Trait Derivative Free Restricted Maximum Likelihood (Boldman *et al.*, 1993). Considerou-se que o critério de convergência tinha sido alcançado quando a variância dos valores do logaritmo da função de verossimilhança foi igual ou menor que  $10^{-9}$ . Como há possibilidade de se obter a convergência em máximos locais (Pres *et al.*, 1986) as análises foram repetidas diversas vezes para assegurar a convergência no máximo global da função de verossimilhança, em cada repetição os valores iniciais dos componentes de (co)variância foram obtidos na análise anterior.

## Resultados e Discussão

A média e o desvio-padrão observados para a característica DPP foram, respectivamente,  $304.8 \pm 28.1$  dias, valores semelhantes aos apresentados por Johnston e Bunter (1996),  $304.5 \pm 29.5$  dias, e Meyer *et al.* (1990),  $308.1 \pm 24.7$  dias, na raça Angus. Cabe

lembrar que estes valores são altamente influenciados pelo manejo adotado no rebanho em questão, especialmente pela duração da estação de monta, e que a pequena variação encontrada (9.25 %) é devida a própria definição da característica que compreende a soma do período de gestação com um valor que será, no máximo, a duração da estação de monta. Considerando o período médio de gestação da raça Nelore 290 dias (Ferraz e Eler, 1998; Pereira *et al.*, 2000; Pereira, 2001), o tempo médio pré-concepção na estação de monta observado foi aproximadamente 16 dias.

Os efeitos fixos de grupo contemporâneo, sexo do bezerro e idade da vaca no início da estação de monta foram analisados através do procedimento GLM do programa SAS (Statistical Analysis System, 1998) e representaram importantes fontes de variação sobre a característica, como mostra a Tabela 1. Utilizando ambas as definições, o efeito de grupo contemporâneo foi altamente significativo ( $P < 0.01$ ), a média de registros de DPP por grupo contemporâneo antes da inclusão do sexo do bezerro (GC1) foi 18.8 observações, sendo que 86% dos registros ficaram em grupos com mais de 10 observações. Com a inclusão do sexo do bezerro (GC2), a média de registros de DPP por grupo contemporâneo diminuiu para 10.3 observações e 32% dos registros ficaram em grupos com mais de 10 observações.

Nas análises em que o sexo do bezerro foi considerado como efeito fixo, foi possível verificar que a prenhez de bezerras machos provocou um acréscimo nos valores de DPP aproximadamente de um dia, o

Tabela 1 Análise de variância da característica dias para o parto de animais da raça Nelore

Fontes de variação	GL.	QM
GC1	2638	4379.64**
SB	1	12415.22**
IDV	1	860065.86**
IDV <sup>2</sup>	1	678287.15**
Resíduo	47056	396.38
**(P<0.01), R <sup>2</sup> = 0.527646		
GC2	4808	3685.70**
IDV	1	725008.56**
IDV <sup>2</sup>	1	512600.69**
Resíduo	44887	382.65
**(P<0.01), R <sup>2</sup> = 0.529134		

GC = grupo contemporâneo, SB = sexo do bezerro, IDV = efeito linear da idade da vaca no início da estação de monta, IDV<sup>2</sup> = efeito quadrático da idade da vaca no início da estação de monta, R<sup>2</sup> = coeficiente de determinação

que pode ser atribuído ao aumento no período de gestação em função do sexo, o que já foi descrito em vários estudos (Bourdon e Brinks, 1982). Bergmann *et al.* (1998) observaram que para cada quilograma a mais no peso ao nascer do bezerro houve um aumento de até 2,4 dias na característica data do primeiro parto.

A Figura 1 apresenta os valores de DPP preditos em função da idade do animal no início da estação de monta; os coeficientes de regressão obtidos nas análises genéticas com diferentes efeitos fixos foram semelhantes. É possível observar que os valores de DPP referentes ao primeiro parto são pequenos, tendem a aumentar com a idade do animal até aproximadamente oito anos e depois começam a diminuir. A queda dos valores preditos de DPP dos animais mais velhos ocorre, provavelmente, em função do descarte anual de todas as fêmeas que não emprenham, os animais mais velhos são aqueles que já passaram por um rigoroso processo de seleção para fertilidade. Além disto, o aumento da idade da vaca tem efeito semelhante sobre o peso ao nascer dos bezerros, característica que possui correlação positiva com o período de gestação (Bourdon e Brinks, 1982). Efeito semelhante da idade do animal foi observado por Bergmann *et al.* (1998) ao avaliarem a característica data do primeiro parto, os menores valores foram observados quando a idade ao parto atingiu extremos.

As estimativas dos componentes de variância e herdabilidade obtidas com as diferentes definições de grupo contemporâneo são apresentadas na Tabela 2. A inclusão do efeito de ambiente permanente do animal no modelo não aumentou significativamente a função de máxima verossimilhança, provavelmente, devido ao pequeno número de observações por animal (1.37) apresentadas no arquivo. Estudos de DPP em conjuntos de dados que apresentaram maiores médias de registros de parto por animal relataram efeito significativo do ambiente permanente, e utilizaram modelos de repetibilidade para a estimação

dos componentes de variância (Mercadante, 2001; Pereira, 2001; Mercadante *et al.*, 2002a, 2002b).

As estimativas obtidas são consistentes com a literatura, que apresenta baixos valores de herdabilidade, indicando que grande parte das diferenças entre os animais é devida às diferenças de ambiente. MEYER *et al.* (1990) ao estimarem a herdabilidade para a característica DPP em animais Hereford, Angus e cruzados (Europeu x Zebu), encontraram valores iguais a 0.05, 0.08 e 0.09 para cada grupo, respectivamente. Em outra análise, estudando a relação entre crescimento e reprodução, MEYER *et al.* (1991) encontraram valores de herdabilidade entre 0.08 e 0.13 para as mesmas raças. Johnston e Bunter (1996) estimaram herdabilidade 0.12 em um conjunto de dados da raça Angus. No Brasil, Pereira, *et al.* (2000) avaliaram DPP em diversas idades na raça Nelore e encontraram herdabilidade 0.07 na análise que incluiu ambiente permanente e 0.17 na análise sem ambiente permanente, os autores relataram que DPP apresentou-se como importante característica na avaliação da fertilidade das fêmeas em todas as categorias de idade estudadas (14, 18, 24 e 36 meses e adultas). Entretanto, os mesmos autores estimaram herdabilidade 0.06 para DPP em uma análise conjunta com o peso a desmama utilizando o mesmo conjunto de dados e concluíram que a baixa herdabilidade obtida para a característica não permite indicá-la como critério de seleção (Pereira *et al.*, 2001).

Mercadante (2002b) avaliou DPP em rebanhos Nelore que passaram ou não por seleção e encontrou valores de herdabilidade que variam de 0.02 a 0.16 utilizando modelos de repetibilidade. Os mesmos autores, considerando as ordens de parto em modelos de regressão aleatória, estimaram herdabilidades entre 0.08 e 0.28 (Mercadante, 2002a). Estimativas de herdabilidade para data do parto, característica equivalente, variam entre 0.02 e 0.17 (Azzam e Nielsen,

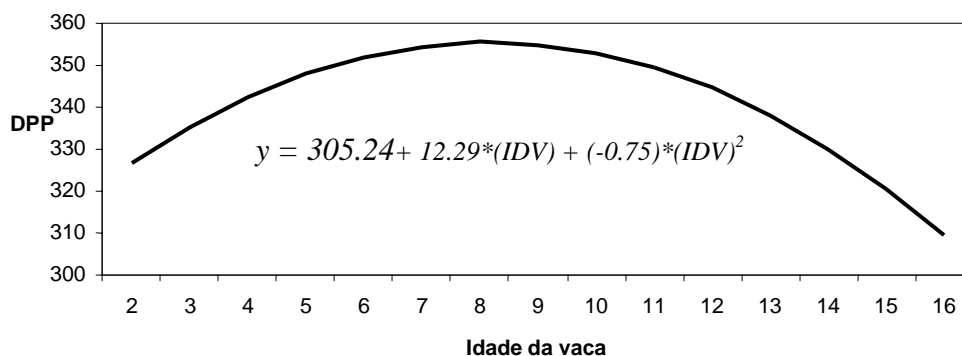


Figura 1 Efeito da idade da vaca no início da estação de monta sobre os valores preditos de dias para o parto (DPP).

Tabela 2 Estimativas de variância genética aditiva ( $s_a^2$ ), variância devida ao efeito aleatório de ambiente permanente ( $s_p^2$ ), variância residual ( $s_e^2$ ), herdabilidade  $\pm$  erro-padrão ( $h^2 \pm EP$ ), fração da variância fenotípica devida ao ambiente permanente  $\pm$  erro-padrão ( $c^2 \pm EP$ ), fração da variância fenotípica devida ao ambiente temporário  $\pm$  erro-padrão ( $e^2 \pm EP$ ) para a característica dias para o parto (DPP) em bovinos da raça Nelore.

Modelo	$s_a^2$	$s_c^2$	$s_e^2$	$h^2 \pm EP$	$c^2 \pm EP$	$e^2 \pm EP$
1 (GC1)	37.46	-	358.85	0.09 $\pm$ 0.006	-	0.91 $\pm$ 0.006
2 (GC1)	37.46	0.000015	358.85	0.09 $\pm$ 0.012	4 x 10 <sup>-8</sup> $\pm$ 0.013	0.91 $\pm$ 0.007
1 (GC2)	38.12	-	359.07	0.09 $\pm$ 0.006	-	0.91 $\pm$ 0.006
2 (GC2)	38.12	0.000017	359.07	0.09 $\pm$ 0.012	4 x 10 <sup>-8</sup> $\pm$ 0.013	0.91 $\pm$ 0.006

1987; Meacham e Notter, 1987; Reget e Famula, 1993; Gressler *et al.*, 2000; Gutiérrez *et al.*, 2002).

A baixa magnitude do componente genético aditivo de DPP sugere que a seleção direta deve apresentar pequenas taxas de ganho anual, entretanto dada a importância econômica das características reprodutivas processos seletivos de longo prazo deverão ter impacto positivo na produtividade dos rebanhos.

## Conclusões

A idade da vaca no início da estação de monta e o sexo do bezerro afetam a expressão de DPP e devem ser considerados por ocasião da análise genética da característica.

Assim como grande parte das características reprodutivas em bovinos, DPP sofre grande influência do ambiente, portanto, a predição de méritos genéticos depende da avaliação de progênes numerosas de cada touro.

DPP pode servir como ferramenta para melhorar o desempenho reprodutivo de fêmeas submetidas à estação de monta restrita, entretanto a resposta à seleção individual deverá ser pequena.

## Agradecimentos

À Fapesp, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, pelo apoio financeiro concedido.

## Literatura Citada

- Azzam, S. M. and M. K. Nielsen. 1987. Genetic parameters for gestation length, birthdate and first breeding date in beef cattle. *Journal of Animal Science*. 64:348
- Barwick, S. A., A. L. Henzell and M. E. Goddard. 1995. Beef breeding for cow fertility: when is it important? *Proc. Australian Association of Animal Breeding and Genetics*. 11:443
- Bergmann, J. A. G. 1993. Melhoramento genético da eficiência reprodutiva em bovinos de corte. *Revista Brasileira de Reprodução Animal*. 1:70
- Bergmann, J. A. G., S. L. Gressler, C. S. Pereira, V. M. Penna, e J. C. C. Pereira. 1998. Avaliação de fatores genéticos e de ambiente sobre diferentes características reprodutivas de fêmeas da raça Nelore em regime de estação de monta restrita. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*. 50:633
- Boldman, K. G., L. A. Kriese, L. D. Van Vleck, and S. D. Kachman. 1993. A Manual for Use of MTDFREML: a set of programs to obtain estimates of variances and covariances. ARS, USDA, Washington, D.C.
- Bourdon, R. M. and J. S. Brinks. 1982. Genetic, environmental and phenotypic relationships among gestation length, birth weight, growth traits and age of first calving in beef cattle. *Journal of Animal Science*. 55:543
- Bourdon, R. M. and J. S. Brinks. 1983. Calving date versus calving interval as a reproductive measure in beef cattle. *Journal of Animal Science*. 57:1412
- Ferraz, J. B. S. e J. P. ELER. 1998. Sumário de Touros Nelore. Agropecuária CFM Ltda, São José do Rio Preto.
- Gressler, S. L., J. A. G. Bergmann, V. M. Penna, C. S. Pereira e J. C. C. Pereira. 2000. Estudo das associações genéticas entre perímetro escrotal e características reprodutivas de fêmeas Nelore. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 29:427
- Gutiérrez, J. P., I. Alvarez, I. Fernández, L. J. Royo, J. Díez and F. Goyache. Genetic relationships between calving date, calving interval, age at first calving and type traits in beef cattle. *Livestock Production Science*. 78:215
- Hogg, R. V. and A. T. Craig. 1995. Introduction to Mathematical Statistics (5th Ed.). Prentice Hall, New Jersey.
- Johnston, D. J. and K. L. Bunter. 1996. Days to calving in Angus cattle: Genetic and environmental effects, and covariances with other traits. *Livestock Production Science*. 45:13
- Mattos, S. e A. N. ROSA. 1984. Desempenho reprodutivo de fêmeas de raças zebuínas. *Informe Agropecuário*. 10:29
- Meacham, N. S. and D. R. Notter. 1987. Heritability estimates for calving date in Simmental cattle. *Journal of Animal Science*. 64:701
- Meyer, K., K. Hammond, M. J. Mackinnon and P. F. Parnell. 1991. Estimates of covariances between reproduction and growth in Australian beef cattle. *Journal of Animal Science*. 69:533
- Meyer, K., K. Hammond, P. F. Parnell, M. J. Mackinnon and S. Sivarajasingam. 1990. Estimates of heritability and repeatability for reproductive traits in Australian beef cattle. *Livestock Production Science*. 25:15
- Mercadante, M. E. Z. 2001. Análise de um experimento de seleção para crescimento em bovinos Nelore: respostas direta no peso ao sobreano e correlacionadas no tamanho e reprodução das matrizes. Tese - Doutorado em Agronomia. Escola Superior de Agricultura «Luiz de Queiroz», Piracicaba.

- Mercadante, M. E. Z., I. U. Packer, A. G. Razook, C. M. R. Melo, J. N. S. G. Cyrillo e L. A. Figueredo. 2002a. Dias ao parto de fêmeas Nelore de um experimento de seleção para crescimento II – Modelo de regressão aleatória. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 31:1726.
- Mercadante, M. E. Z., I. U. Packer, A. G. Razook, J. N. S. G. Cyrillo e L. A. Figueredo. 2002b. Dias ao parto de fêmeas Nelore de um experimento de seleção para crescimento II – Modelo de repetibilidade. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 31:1715.
- Newman, S., C. A. Morris, R. L. Baker and G. B. Nicoll. 1992. Genetic improvement of beef cattle in New Zealand: breeding objectives. *Livestock Production Science* 32:111
- Notter, D. R. and M. H. Johnson. 1988. Simulation of genetic control of reproduction in beef cows. IV. Within-herd breeding values estimation with pasture mating. *Journal of Animal Science*. 66:280
- Pereira, E. 2001. Análise genética de algumas características reprodutivas e de suas relações com desempenho ponderal na raça Nelore. Dissertação - Mestrado em Zootecnia. Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Pirassununga.
- Pereira, E., J. P. Eler e J. B. S. Ferraz. 2000. Correlação genética entre perímetro escrotal e algumas características reprodutivas na raça Nelore. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 29:1676
- Pereira, E., J. P. Eler e J. B. S. Ferraz. 2001. Análise genética de algumas características reprodutivas e suas relações com o desempenho ponderal na raça Nelore. 53:720
- Pres, W. H., B. P. Flannery, S. A. Teukolsky and W. T. Vetterling. 1986. *Numerical Recipes*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Reget, J. E. O. and T. R. Famula. 1993. Factors affecting calving date and its relationship with production traits of Hereford dams. *Animal production*. 57:385
- SAS. 1998. *SAS/STAT User's Guide* (Release 6.12). SAS Inst., Inc., Cary, North Carolina.