

Estimativas de Efeitos Aditivos e Heteróticos para Características de Crescimento Pré-Desmama em Bovinos Charolês - Nelore¹

Renata Lima Trematore², Maurício Mello de Alencar^{3,4}, Pedro Franklin Barbosa³, José de Anchieta Leite Oliveira⁵, Manoel Araújo de Almeida⁶

RESUMO - O objetivo deste trabalho foi estimar os efeitos aditivos e heteróticos, diretos e maternos, para raças Nelore e Charolesa, para os pesos ao nascimento (PN) e à desmama (PD) e ganho de peso diário do nascimento à desmama (GND). Foram utilizados dados de animais da raça Nelore e de diferentes grupos genéticos Charolês - Nelore. O procedimento de regressão múltipla, pelo método dos quadrados mínimos, foi usado para subdividir os efeitos de grupo genético em efeitos aditivos e heteróticos. As análises de variância mostraram que os efeitos aditivos e heteróticos foram importantes fontes de variação para todas as características estudadas, com exceção do efeito heterótico materno para PN. Os efeitos aditivos diretos e maternos da raça Charolesa, como desvio da raça Nelore, foram iguais a $2,03 \pm 0,58$ e $6,77 \pm 0,59$ kg para PN, $9,99 \pm 3,61$ e $-23,31 \pm 3,70$ kg para PD e $0,038 \pm 0,013$ e $-0,089 \pm 0,014$ kg/dia para GND, respectivamente. Os efeitos heteróticos individuais e maternos foram iguais a $1,66 \pm 0,34$ e $0,62 \pm 0,44$ kg para PN, $14,77 \pm 2,14$ e $44,16 \pm 2,77$ kg para PD e $0,044 \pm 0,008$ e $0,143 \pm 0,011$ kg/dia para GND, respectivamente. Estes resultados indicam que: 1. quanto maior a porcentagem de genes do Charolês no bezerro, maior o seu desenvolvimento; 2. quanto maior a porcentagem de genes do Charolês na vaca, maior o peso ao nascimento e menor o desenvolvimento do bezerro até a desmama; e 3. quanto maior a porcentagem de locos em heterozigose no bezerro e na vaca, maior o desempenho do bezerro até a desmama.

Palavras-chave: bovinos de corte, cruzamento, heterose, pesos

Estimates of Additive and Heterotic Effects for Preweaning Growth Traits of Charolais - Nellore Cattle

ABSTRACT - The objective of this study was to estimate direct and maternal additive and individual and maternal heterotic effects for birth weight (BW), weaning weight (WW) and average daily gain (ADG) from birth to weaning, for Charolais and Nellore cattle. Data on Nellore and several Charolais - Nellore crossbred groups were used. The least squares multiple regression procedure, to divide the genetic group effects into additive and heterotic effects, was used. The analyses of variance showed that the additive and heterotic effects were important sources of variation for all traits studied, except the heterotic maternal effect for BW. The direct and maternal additive effects of the Charolais breed, as a deviation from Nellore, were equal to $2.03 \pm .58$ and $6.77 \pm .59$ kg for BW, 9.99 ± 3.61 and -23.31 ± 3.70 kg for WW and $.038 \pm .013$ and $-.089 \pm .014$ kg/day for ADG, respectively. The individual and maternal heterotic effects were equal to $1.66 \pm .34$ and $0.62 \pm .44$ kg for BW, 14.77 ± 2.14 and 44.16 ± 2.77 kg for WW and $.044 \pm .008$ and $.143 \pm .011$ kg/day for ADG, respectively. These results show that: 1. The higher the proportion of genes of the Charolais breed in the calf, the greater its growth to weaning, 2. The higher the proportion of genes of the Charolais breed in the dam, the bigger the BW and the smaller the WW and the ADG of the calf, and 3. The higher the proportion of heterozygous loci in the calf and in the dam, the greater the growth of the calf to weaning.

Key Words: beef cattle, crossbreeding, heterosis, weights

Introdução

Fatores como baixo potencial genético dos rebanhos bovinos de corte e deficiências nos manejos sanitário, nutricional e reprodutivo resultam em baixa produtividade desse setor pecuário brasileiro. O

cruzamento entre raças permite explorar as diferenças genéticas entre raças e adequar tipo de animal ao ambiente. Entretanto, para que o cruzamento possa contribuir efetivamente para melhorar a eficiência produtiva do setor, é necessário que se identifiquem aqueles cruzamentos que apresentam maior vigor

¹ Parte da Dissertação de Mestrado do segundo autor. Trabalho realizado com apoio da FAPESP.

² Pós-graduando da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Bolsista da FAPESP.

³ Pesquisador da EMBRAPA, Centro de Pesquisa de Pecuária do Sudeste (CPPSE), Caixa Postal, 339 - 13560-970 - São Carlos, SP.

⁴ Bolsista do CNPq.

⁵ Professor da UNOESTE, Presidente Prudente (*In memoriam*).

⁶ Engenheiro Agrônomo, Agropecuária Silveira, Presidente Prudente, SP.

híbrido e combinam características econômicas desejáveis para os diferentes tipos de manejo e regiões do País (ALENCAR et al., 1995).

O objetivo deste trabalho foi estimar efeitos aditivos e heteróticos, diretos e maternos, para as raças Nelore e Charolesa, para os pesos ao nascimento e à desmama e ganho de peso diário do nascimento à desmama.

Material e Métodos

Os dados referem-se aos pesos ao nascimento (PN) e à desmama (PD) e ao ganho de peso diário do nascimento à desmama (GND), de bezerros da raça Nelore e cruzados Charolês - Nelore, provenientes de duas fazendas situadas na região Oeste do Estado de São Paulo, pertencentes ao mesmo grupo agropecuário. Os bezerros, nascidos durante os meses de fevereiro a dezembro de 1980 a 1992, foram criados com suas mães em regime exclusivo de pasto até a desmama. Foram utilizadas nas análises 15.518 observações de PN e 14.481 observações de PD e GND, dos grupos genéticos Nelore, 1/4 Charolês + 3/4 Nelore (1C3N; filhos de touros 1/2 Charolês + 1/2 Nelore com vacas nelores e vice-versa), 5/8 Charolês + 3/8 Nelore (5C3N; filhos de touros charoleses com vacas 1C3N), 7/16 Charolês + 9/16 Nelore (7C9N; filhos de touros 5C3N e Canchim - bimestiço 5C3N - com vacas 1C3N), 5/16 Charolês + 11/16 Nelore (5C11N; filhos de touros 5C3N e Canchim com vacas nelores e vice-versa), 15/32 Charolês + 17/32 Nelore (15C17N; filhos de touros 5C3N e Canchim com vacas 5C11N) e Canchim (filhos de touros 5C3N e Canchim com vacas 5C3N e Canchim). Os animais eram filhos de 23 diferentes touros da raça Charolesa na fazenda número 1 e pelo menos 8 e 20 touros da raça Nelore, 26 e 23 touros 5C3N e 25 e 6 touros da raça Canchim nas fazendas de número 1 e 2, respectivamente, e pelo menos 6 touros 1/2 Charolês + 1/2 Nelore (1C1N) na fazenda número 1. O número de touros das raças Nelore e Canchim e cruzados 5C3N e 1C1N não é exato, pois muitas vezes os pais eram identificados apenas pelo grupo genético ou como filhos de determinado touro. Maiores informações sobre a composição dos dados e o manejo podem ser obtidas em ALENCAR et al. (1998).

O peso à desmama e o ganho de peso diário do nascimento à desmama foram ajustados para 270 dias de idade, utilizando-se coeficientes de regressão do peso e do ganho de peso sobre a idade, obtidos para cada fazenda, grupo genético e sexo do bezerro

separadamente. O procedimento de regressão múltipla (KOGER et al., 1975) para subdividir os efeitos de grupo genético em efeitos genéticos aditivos e heteróticos (diretos, maternos e paternos) foi utilizado neste trabalho. Esse procedimento assume que os efeitos genéticos aditivos se combinam aditivamente e que a heterose é linear com respeito à percentagem de locos em que os genes têm origem em raças diferentes. Os efeitos aditivos são estimados regredindo-se o peso do bezerro sobre a percentagem de genes de determinada raça no bezerro e nos seus pais. Os efeitos heteróticos são estimados regredindo-se o peso do bezerro sobre a percentagem de locos no bezerro e em seus pais, que têm um gene de uma raça e o outro gene de uma raça diferente. Em consequência das relações existentes entre os coeficientes regressores (TREMATORE, 1996), algumas restrições têm que ser impostas para resolver as equações normais. Desta maneira, apenas os efeitos genéticos aditivos direto e materno da raça Charolesa, como desvio da raça Nelore, além dos heteróticos individual e materno, foram estimados. O modelo matemático é assim constituído:

$$Y_{ijklmno} = \mu + g_C^I k_{iC} + g_C^M k_{mC} + h_{CN}^I k_{iCN} + h_{CN}^M k_{mCN} + F_i + A_j + M_k + V_l + S_m + e_{ijklmno}$$

em que

$Y_{ijklmno}$ é a observação no indivíduo.

μ é a média geral.

F_i é o efeito de fazenda ($i = 1$ e 2).

A_j é o efeito de ano de nascimento ($j = 1980$ a 1992).

M_k é o efeito de mês de nascimento ($k =$ fevereiro a dezembro).

V_l é o efeito de idade da vaca ao parto ($l = 3, 4, 5$ a 9 e > 9).

S_m é o efeito do sexo do bezerro ($m =$ macho e fêmea).

g_C^I e g_C^M são os efeitos aditivos direto e materno da raça Charolesa.

k_{iC} e k_{mC} são as proporções de genes da raça Charolesa no bezerro e na vaca.

h_{CN}^I e h_{CN}^M são os efeitos heteróticos individual e materno entre as raças Charolesa e Nelore.

k_{iCN} e k_{mCN} são as proporções de locos no bezerro e na vaca, com um gene da raça Charolesa e outro da raça Nelore.

Os coeficientes k utilizados nas análises são apresentados na Tabela 1.

O procedimento estatístico empregado fornece uma maneira clara de separar as partes componentes do desempenho dos animais, utilizando as informa-

Tabela 1 - Coeficientes usados para estimar os efeitos genéticos aditivos diretos e maternos, e heteróticos individuais e maternos

Table 1 - Coefficients used to estimate the additive direct and maternal, and heterotic direct and maternal effects

Grupo genético ¹ <i>Genetic group¹</i>			Efeitos aditivos <i>Additive effects</i>				Efeitos heteróticos <i>Heterotic effects</i>	
Touro <i>Sire</i>	Vaca <i>Dam</i>	Bezerro <i>Calf</i>	Diretos <i>Direct</i>		Maternos <i>Maternal</i>		Indiv. <i>Direct</i>	Materno <i>Maternal</i>
			k _{iC}	k _{iN}	k _{mC}	k _{mN}	k _{iCN}	k _{mCN}
N	N	N	0	1	0	1	0	0
N	1C1N	1C3N	1/4	3/4	1/2	1/2	1/2	1
1C1N	N	1C3N	1/4	3/4	0	1	1/2	0
N	5C3N	5C11N	5/16	11/16	5/8	3/8	5/8	3/4
5C3N	N	5C11N	5/16	11/16	0	1	5/8	0
CAN	N	5C11N	5/16	11/16	0	1	5/8	0
N	CAN	5C11N	5/16	11/16	5/8	3/8	5/8	30/64
5C3N	1C3N	7C9N	7/16	9/16	1/4	3/4	9/16	1/2
CAN	1C3N	7C9N	7/16	9/16	1/4	3/4	9/16	1/2
5C3N	5C11N	15C17N	15/32	17/32	5/16	11/16	35/64	5/8
CAN	5C11N	15C17N	15/32	17/32	5/16	11/16	35/64	5/8
C	1C3N	5C3N	5/8	3/8	1/4	3/4	3/4	1/2
5C3N	5C3N	CAN	5/8	3/8	5/8	3/8	30/64	3/4
CAN	5C3N	CAN	5/8	3/8	5/8	3/8	30/64	3/4
5C3N	CAN	CAN	5/8	3/8	5/8	3/8	30/64	30/64
CAN	CAN	CAN	5/8	3/8	5/8	3/8	30/64	30/64

¹Os números nos grupos genéticos representam a porção de cada raça na constituição dos mesmos (ex: 1C3N = 1/4 Charolês + 3/4 Nelore). N = Nelore, C = Charolês e CAN = Canchim = bimestiço 5C3N.

¹ The numbers in the genetic group are the proportion of each breed that makes it (ex: 1C3N = 1/4 Charolais + 3/4 Nellore). N = Nellore, C = Charolais and CAN = 5C3N).

ções de todos os grupos genéticos disponíveis, produzindo estimativas úteis para calcular o desempenho de várias combinações de raças de interesse, selecionar raças para cruzamentos e avaliar sistemas de cruzamentos. O modelo matemático utilizado representa um modelo genético aditivo-dominante. A comparação dos resultados (soma de quadrados do Erro) obtidos por esse modelo com aqueles obtidos por ALENCAR et al. (1998), que utilizaram modelo semelhante mas substituindo as covariáveis pelos efeitos de grupo genético aninhado dentro de fazenda, fornece informação sobre a importância da epistasia, da ligação gênica e dos efeitos genéticos não-lineares sobre as características, uma vez que o modelo que contém os efeitos de grupo genético leva em conta os efeitos não-lineares, bem como efeitos epistáticos e de ligação gênica. Neste trabalho foram feitas comparações entre os resultados obtidos pelos dois modelos para verificar se o modelo de dominância explica satisfatoriamente a expressão da heterose nas características estudadas.

As análises estatísticas foram feitas pelo método dos quadrados mínimos, utilizando-se o procedimento GLM (SAS, 1990).

Resultados e Discussão

Na Tabela 2 é apresentado o resumo das análises de variância dos pesos e do ganho de peso diário pré-desmama. As análises de variância mostraram que os efeitos aditivos e heteróticos foram importantes ($P < 0,001$) fontes de variação para todas as características estudadas, com exceção do efeito heterótico materno para o peso ao nascimento. Outros autores (DILLARD et al., 1980; PEACOCK et al., 1981; NEVILLE JR. et al., 1984; e KOCH et al., 1985) também observaram estes efeitos para características de crescimento até a desmama em bovinos de corte.

As constantes (coeficientes parciais de regressão) estimadas para os efeitos aditivos e heteróticos são apresentadas na Tabela 3. Os efeitos aditivos diretos da raça Charolesa, como desvio da raça Nelore, para PN (2,07 kg), PD (9,99 kg) e GND (0,038 kg/dia), foram todos positivos e significativos ($P < 0,01$). Estes resultados indicam que, quanto maior a percentagem de genes da raça Charolesa no bezerro, maior o desenvolvimento do mesmo. DILLARD et al. (1980) também obtiveram efeito aditivo direto positivo da raça Charolesa, como desvio da raça

Tabela 2 - Resumo das análises de variância dos pesos ao nascimento (PN) e à desmama (PD) e do ganho de peso diário do nascimento à desmama (GND)

Table 2 - Summary of analyses of variance of birth weight (BW), weaning weight (WW) and average daily gain (ADG)

Fonte de variação <i>Source of variation</i>	Grau de liberdade <i>Degrees of freedom</i>	Quadrado médio <i>Mean square</i>		
		PN WW	BW GND	PD ADG
Variáveis de classificação ¹ <i>Class traits¹</i>	27	-	-	-
Efeito (<i>Effect</i>)				
Aditivo (<i>Additive</i>)				
Direto (<i>Direct</i>)	1	221***	4.733**	0,067**
Materno (<i>Maternal</i>)	1	2.358***	24.493***	0,329***
Heterótico (<i>Heterotic</i>)				
Individual (<i>Direct</i>)	1	415***	29.311***	0,255***
Materno (<i>Maternal</i>)	1	35	157.490***	1,471***
Resíduo (<i>Error</i>)	15.48618			
	14.451		618	0,008

** P<0,01, *** P<0,001.

¹ Fazenda, ano e mês de nascimento, sexo do bezerro e idade da vaca ao parto.¹ Farm, year and month of birth, sex of calf and age of cow at calving.

Hereford, para as mesmas características deste trabalho. PEACOCK et al. (1981) obtiveram efeito aditivo direto positivo (24,6 kg) para a raça Charolesa e negativo (-18,0 kg) para a raça Brahman, para o peso à desmama ajustado para 205 dias de idade. No Brasil, ALENCAR et al. (1995) encontraram valor igual a 42,2 kg para o efeito aditivo direto da raça Canchim como desvio da Nelore, para o peso à desmama aos 270 dias de idade. Os valores positivos e significativos para os efeitos aditivos diretos da raça Charolesa, como desvio da raça Nelore, eram esperados em razão das características das duas raças. A Charolesa é uma raça de grande porte e de elevado potencial de crescimento, enquanto a Nelore é uma raça menor que apresenta menor potencial de crescimento.

Os efeitos aditivos maternos da raça Charolesa,

como desvio da raça Nelore (Tabela 3), foram todos significativos (P<0,001), positivo para PN e negativos para PD e GND. Estes resultados indicam que, quanto maior a proporção da raça Charolesa na vaca, maior o peso ao nascimento e menores o peso à desmama e o ganho de peso diário do nascimento à desmama do bezerro. DILLARD et al. (1980) obtiveram efeitos aditivos maternos positivos e significativos da raça Charolesa, como desvio da raça Hereford, para as mesmas características estudadas neste trabalho. PEACOCK et al. (1981), entretanto, estimaram efeito aditivo materno positivo (3,3 kg, P<0,05) para a raça Brahman e praticamente nulo (-0,6 kg) para a raça Charolesa, para o peso aos 205 dias de idade. Acredita-se que as vacas de raças zebuínas, como a Nelore, mostram tendência de reduzir o crescimento do bezerro no útero, resultando em me-

Tabela 3 - Estimativas (± erros-padrão) dos efeitos aditivos diretos e maternos e heteróticos individuais e maternos para as raças Charolesa e Nelore

Table 3 - Estimates of the additive direct and maternal, and heterotic direct and maternal effects for the Charolais and Nelore breeds

Efeito ¹ <i>Effect¹</i>	Estimativa ± EP ² <i>Estimate ± SE²</i>		
	PN, kg BW, kg	PD, kg WW, kg	GND, kg/dia ADG, kg/day
g_C^I	2,07±0,58***	9,99±3,61**	0,038±0,013**
g_C^M	6,77±0,59***	-23,31±3,70***	-0,089±0,014***
h_{CN}^I	1,66±0,34***	14,77±2,04***	0,044±0,008***
h_{CN}^M	0,62±0,44	44,16±2,77***	0,143±0,011***

** P<0,01, *** P<0,001.

¹ g_C^I , g_C^M , h_{CN}^I e h_{CN}^M são os efeitos aditivos diretos e maternos da raça Charolesa, como desvio da Nelore, e heteróticos individuais e maternos, respectivamente.² PN, PD e GND são os pesos ao nascimento e à desmama e o ganho de peso diário do nascimento à desmama, respectivamente.¹ g_C^I , g_C^M , h_{CN}^I and h_{CN}^M are the additive direct and maternal, and heterotic direct and maternal effects, respectively.² BW, WW and ADG are the weights at birth and at weaning and the average daily gain.

nor peso ao nascimento. Este fato foi observado por ALENCAR et al. (1998), os quais mostraram que os bezerros 1C3N filhos de vacas 1C1N são mais pesados ao nascer do que quando produzidos por vacas da raça Nelore. Parece lógico, portanto, supor que as vacas com genes da raça Charolesa, sabidamente de grande porte, produzam bezerros mais pesados ao nascimento. Os efeitos aditivos maternos negativos, obtidos neste estudo para PD e GND, também estão dentro das expectativas. Vacas da raça Charolesa ou cruzadas Charolês - Nelore são maiores (ALENCAR e BUGNER, 1987 e 1989; RESTLE et al., 1991; e SENNA e RESTLE, 1993b) e produzem mais leite (ALENCAR et al., 1988; SENNA e RESTLE, 1993a; e ALENCAR et al., 1993) do que vacas da raça Nelore, exigindo mais alimento para manutenção. Em regime exclusivo de pastos, sem suplementação alimentar, o tamanho da vaca pode tornar-se fator importantíssimo na eficiência dos sistemas de produção. FERREL e JENKINS (1985) mostraram que os bovinos requerem energia para manutenção, crescimento, gestação e lactação, e que os requerimentos para cada uma destas condições variam com o tipo de gado. Esses autores verificaram, ainda, que 70 a 75% do total dos requerimentos de energia é para as funções de manutenção. Esses requerimentos variam mais do que os requerimentos para as outras funções e parecem ser mais associados com o potencial genético para medidas de produção (taxa de crescimento e produção de leite), indicando que animais de alto potencial genético para produção podem ter menos vantagens ou apresentarem mais desvantagens em ambiente restritivo. McMORRIS e WILTON (1986), estudando grupos genéticos biologicamente diferentes, verificaram que vacas mais pesadas e, ou, maiores produtoras de leite apresentam maiores exigências nutricionais durante os períodos seco e de lactação. No Brasil, ROSADO et al. (1991) observaram maior consumo diário de matéria seca por vacas F₁ Chianina-Nelore, Limousin-Nelore, Blonde d'Aquitaine-Nelore e Fleckvieh-Nelore, em comparação a vacas puras da raça Nelore, durante a fase de aleitamento. Segundo JENKINS e FERREL (1985), a seleção pode resultar em uma população de animais mais adaptados a um dado ambiente, mas pode torná-la menos adaptada a um ambiente diferente e respostas correlacionadas à seleção podem resultar em interação genótipo-ambiente, com conseqüente redução na capacidade de adaptação a ambientes flutuantes. NOTTER (1986) diz que, se existe prioridade por

nutrientes entre funções competidoras, animais com potencial genético alto para alguma característica podem ser incapazes de manter níveis aceitáveis de desempenho para características competidoras. Afirmam também que taxas de metabolismo basal altas podem limitar o suprimento de energia disponível para crescimento e lactação. A raça Charolesa foi selecionada para elevada taxa de crescimento e tamanho grande em região de clima temperado. Na região onde os animais deste estudo foram criados, com pastagens de baixa qualidade e pouco disponíveis em determinada época do ano além do clima quente, as vacas com maior percentual de genes da raça Charolesa provavelmente não conseguem expressar na plenitude seu potencial materno, principalmente leiteiro, caso esse potencial seja superior ao da raça Nelore.

Os efeitos heteróticos individuais foram positivos e significativos ($P < 0,001$) para todas as características estudadas (1,66 kg; 14,77 kg; e 0,044 kg/dia para PN, PD e GND, respectivamente, Tabela 3), indicando que, quanto maior a heterozigose no bezerro, maior o seu desempenho. DILLARD et al. (1980) também verificaram efeitos heteróticos individuais positivos entre as raças Charolesa e Hereford, para PD e GND, mas encontraram efeitos não-significativos para PN e entre as raças Charolesa e Angus, para as três características. PEACOCK et al. (1981) estimaram o valor de 17,5 kg para os efeitos heteróticos individuais entre as raças Charolesa e Brahman, para o peso à desmama, valor este superior ao encontrado neste trabalho. No Brasil, ALENCAR et al. (1995) encontraram, para PD, os valores de 16,20 kg ($P < 0,01$), para as raças Marchigiana e Nelore, e -6,92 kg (não significativo) para as raças Canchim e Nelore. Esses autores concluíram, entretanto, que estes valores poderiam estar sub ou superestimados, pois havia certo confundimento com os efeitos aditivos e heteróticos maternos.

Os efeitos heteróticos maternos foram importantes ($P < 0,001$) e altos para o peso à desmama (44,16 kg) e o ganho de peso diário do nascimento à desmama (0,143 kg/dia), mas não para o peso ao nascimento. Estes resultados indicam que, quanto maior a percentagem de heterozigose na vaca, maior o desenvolvimento do bezerro após o nascimento. Resultados semelhantes foram obtidos por DILLARD et al. (1980), que observaram efeitos heteróticos maternos significativos do cruzamento entre as raças Charolesa, Angus e Hereford, somente para PD e GND. PEACOCK et al. (1981) obtiveram o valor de

9,9 kg para o efeito heterótico materno do cruzamento entre as raças Charolesa e Brahman, para o peso à desmama.

Pelas estimativas obtidas para os efeitos aditivos e não-aditivos, parece evidente que a utilização da raça Charolesa em cruzamento com a raça Nelore é vantajosa, em termos de peso à desmama dos bezerras.

Para verificar a quantidade de variação nos pesos e ganho de peso explicada pelo modelo utilizado neste trabalho e aquele utilizado por ALENCAR et al. (1998), as somas de quadrados do resíduo foram comparadas. No modelo utilizado por ALENCAR et al. (1998), o efeito de grupo genético inclui os efeitos aditivos diretos e maternos, heteróticos individuais e maternos, epistáticos, de ligação gênica e não-lineares, enquanto o modelo deste trabalho inclui apenas os efeitos aditivos e heteróticos. A comparação dos dois modelos é apresentada na Tabela 4. Observa-se

que as reduções nas somas de quadrados dos resíduos por outros fatores, não os aditivos e heteróticos, foram significativas ($P < 0,01$) para todas as três características estudadas, sugerindo que a epistasia, a ligação gênica e efeitos não-lineares podem estar contribuindo para as diferenças entre os vários grupos genéticos. As percentagens de redução nas somas de quadrados, entretanto, foram muito baixas (0,4; 0,5; e 0,8% para PN, PD e GND, respectivamente). Além disto, os coeficientes de determinação (R^2) dos dois modelos foram muito semelhantes para todas as características (Tabela 4), indicando que a redução relativa da variação total em cada característica foi muito semelhante nos dois modelos. Portanto, parece evidente que os efeitos aditivos diretos e maternos e os efeitos heteróticos individuais e maternos, do ponto de vista genético, foram as principais causas de variação entre os grupos

Tabela 4 - Teste de significância, coeficiente de determinação e % de redução para o modelo deste trabalho e daquele utilizado por ALENCAR et al. (1998)

Table 4 - Significancy test, coefficient of determination, and percentage of reduction for the model used in this study and that used by ALENCAR et al. (1998)

Característica ¹	Modelo ²	GL ¹	SQR ¹	QMR ¹	F ¹	% ¹	R ²
Trait ¹	Model ²	DF ¹	RSS ¹	RMS ¹	F ¹	% ¹	R ²
PN	2	15 486	276 265				0,341
BW	1	15 482	275 250	17,8			0,343
	2 - 1	4	1 015	253,7	14,2**	0,4	
PD	2	14 451	8 935 378				0,415
WW	1	14 447	8 889 134	615,3			0,418
	2 - 1	4	46 244	11 561,0	18,8**	0,5	
GND	2	14 451	122,26				0,367
ADG	1	14 447	121,23	0,008			0,372
	2 - 1	4	1,03	0,257	32,2**	0,8	

¹ GL, SQR, QMR, F, %, PN, PD e GND são graus de liberdade, soma de quadrados, quadrados médios do resíduo, razão entre os QMR da redução (2-1) e do Modelo 1, razão entre os SQR da redução (2-1) e do Modelo 1 x 100, pesos ao nascimento e à desmama e ganho diário do nascimento à desmama, respectivamente.

² Modelos 1 e 2 = modelo do trabalho de ALENCAR et al. (1998), que incluiu o grupo genético e o deste trabalho, respectivamente.

¹ DF, RSS, RMS, F, %, BW, WW and ADG are the degrees of freedom, residual sum of squares and mean squares, the ratio of RMS of reduction (2-1) and model 1, the ratio of RSS of reduction (2-1) and model 1, birth weight, weaning weight and average daily gain, respectively.

² Models 1 and 2 = models of ALENCAR et al. (1998) that included genetic group and model of this work.

Tabela 5 - Médias estimadas por grupo genético e estimativas da heterose para pesos ao nascimento (PN) e à desmama (PD) e ganho de peso do nascimento à desmama (GND)

Table 5 - Estimated means by genetic group and heterosis estimates for birth weight (BW), weaning weight (WW) and average daily gain to weaning (ADG)

Grupo genético ¹	Média estimada		
	Estimated mean		
Genetic group ¹	PN, kg	PD, kg	GND, kg/dia
	BW, kg	WW, kg	ADG, kg/day
N	28,9	179	0,563
C	36,7	166	0,512
N x C	37,3	176	0,537
C x N	30,5	199	0,626
% de heterose (Heterosis %)	5,13	8,69	8,18

¹ N = Nelore; C = Charolês. No grupo genético a raça do pai aparece primeiro.

¹ N = Nelore; C = Charolais. In the genetic group the breed of sire comes first.

genéticos. Resultados semelhantes foram obtidos por DILLARD et al. (1980) e NEVILLE JR. et al. (1984), para pesos e ganho de peso até a desmama em bovinos de corte.

Uma vez que as médias estimadas pelo procedimento da regressão linear incluem os componentes aditivos e heteróticos, estas devem ser apropriadas para avaliar a heterose ou o vigor híbrido dos animais cruzados (DILLARD et al., 1980). Na Tabela 5 são apresentadas as estimativas da heterose do cruzamento entre as raças Charolesa e Nelore para PN, PD e GND, obtidas, utilizando-se as estimativas dos efeitos apresentadas na Tabela 3. A percentagem de heterose foi estimada como o desvio da média dos cruzados recíprocos (F_1) em relação à média das raças paternas. Como pode ser verificado (Tabela 5), a heterose é evidente para todas as três características, sendo maior para peso à desmama (8,69%) e ganho de peso diário pré-desmama (8,18%) do que para peso ao nascimento (5,13%). Isto se deve ao fato de o efeito aditivo materno da raça Charolesa ser negativo e alto para PD e GND, fazendo com que o peso e o ganho de peso do Charolês puro sejam baixos. Verifica-se, também, média de peso ao nascimento muito baixa para o Charolês. BARBOSA (1982) apresenta a média de $40,4 \pm 0,41$ kg, para bezerros filhos de vacas criadas em regime de pasto com suplementação alimentar durante o ano todo. É importante apontar para o fato de que os coeficientes k_{iC} e k_{mC} (Tabela 1) variaram de 0,00 a 0,50 nos dados utilizados neste estudo. Desta maneira, estimar o desempenho do Charolês puro seria extrapolar em muito os resultados.

Os valores (%) de heterose estimados neste trabalho são superiores àqueles sumarizados por LONG (1980), envolvendo o cruzamento da raça Charolesa (*Bos taurus*) com outras raças européias (*Bos taurus*). Este fato é esperado, já que neste trabalho o cruzamento envolveu raças de *Bos taurus* e *Bos indicus*.

Conclusões

Os efeitos aditivos diretos da raça Charolesa, como desvio da raça Nelore, são positivos e altos para os pesos ao nascimento e à desmama e o ganho de peso do nascimento à desmama, indicando que, quanto maior a percentagem de genes da raça Charolesa no bezerro, maior o seu desempenho.

Os efeitos aditivos maternos da raça Charolesa, como desvio da raça Nelore, são negativos e altos

para o peso à desmama e o ganho de peso pré-desmama, indicando que, quanto maior a percentagem de genes da raça Charolesa na vaca, menor o desempenho do bezerro à desmama. Entretanto, para o peso ao nascimento os efeitos são positivos.

Os efeitos heteróticos individuais entre as raças Charolesa e Nelore são positivos e altos para pesos e ganho de peso pré-desmama, indicando que, quanto maior a percentagem de locos em heterozigose no bezerro, maior o seu desempenho.

Os efeitos heteróticos maternos entre as raças Charolesa e Nelore são positivos e altos para o peso à desmama e ganho de peso do nascimento à desmama, indicando que, quanto maior a percentagem de locos em heterozigose na vaca, maiores o peso do bezerro à desmama e o ganho de peso do nascimento à desmama.

Efeitos epistáticos, de ligação gênica e, ou, não-lineares, devem ser responsáveis por parte da variação existente entre grupos genéticos, para pesos e ganho de peso pré-desmama de animais cruzados Charolês-Nelore. Entretanto, a maior parte da variação deve ser atribuída aos efeitos genéticos aditivos e heterozigóticos.

O desempenho dos animais dos diferentes grupos genéticos e, portanto, de diferentes sistemas de cruzamento dependerá da proporção de genes da raça Charolesa no bezerro e na vaca e da percentagem de locos em heterozigose no bezerro e na vaca.

Referências Bibliográficas

- ALENCAR, M.M., BARBOSA, P.F., TULLIO, R.R. et al. Peso à desmama de bezerros da raça Nelore e cruzados Canchim x Nelore e Marchigiana x Nelore. *R. Soc. Bras. Zootec.*, v.24, n.6, p.917-925, 1995.
- ALENCAR, M.M., BÜGNER, M. Desempenho produtivo de fêmeas das raças Canchim e Nelore. II. Primeiro Parto. *Pesq. Agropec. Bras.*, v.22, n.8, p.867-872, 1987.
- ALENCAR, M.M., BÜGNER, M. Desempenho produtivo de fêmeas das raças Canchim e Nelore. IV. Segundo Parto. *Pesq. Agropec. Bras.*, v.24, n.10, p.1217-1220, 1989.
- ALENCAR, M.M., RUZZA, F.J., PORTO, E.J.S. Desempenho produtivo de fêmeas das raças Canchim e Nelore. III. Produção de Leite. *R. Soc. Bras. Zootec.*, v.11, n.4, p.317-328, 1988.
- ALENCAR, M.M., TREMATORE, R.L., OLIVEIRA, J.A.L. et al. Características de crescimento até a desmama de bovinos da raça Nelore e cruzados Charolês x Nelore. *R. Soc. Bras. Zootec.*, v. 27, n.1, p.40-46, 1998.
- ALENCAR, M.M., TULLIO, R.R., CRUZ, G.M. et al. Comparação entre as raças Canchim e nelore quanto à produção de leite. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 30, 1993.

- Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: SBZ, 1993, p.588.
- BARBOSA, P.F. *Genetic and environmental factors affecting growth characters of Charolais cattle in southeastern Brazil*. College Station, 133p. Tese (Mestrado em Melhoramento Animal). Texas A & M University, 1982.
- DILLARD, E.U., RODRIGUEZ, O., ROBISON, O.W. Estimation of additive and nonadditive direct and maternal genetic effects from crossbreeding beef cattle. *J. Anim. Sci.*, v.50, n.4, p.653-663, 1980.
- FERREL, C.L., JENKINS, T.G. Cow type and the nutritional environment: nutritional aspects. *J. Anim. Sci.*, v.61, n.3, p.725-741, 1985.
- JENKINS, T.G., FERREL, C.L. Energy requirements for maintenance of beef cattle differing in genetic potential for mature size and milk production. Clay Center, NE: USDA - U.S. Meat Animal Research Center, 1985. p.29-30 (Beef Research Progress Report, N.2).
- KOCH, R.M., DICKERSON, G.E., CUNDIFF, L.V. et al. Heterosis retained in advanced generations of crosses among Angus and Hereford cattle. *J. Anim. Sci.*, v.60, n.5, p.1117-1132, 1985.
- KOGER, M., PEACOCK, F.M., CROCKETT, J. R. Heterosis effects on weaning performance of Brahman-Shorthorn calves. *J. Anim. Sci.*, v.40, n.4, p.826-833, 1975.
- LONG, C.R. Crossbreeding for beef production: experimental results. *J. Anim. Sci.*, v.51, n.5, p.1197-1223, 1980.
- McMORRIS, M.R., WILTON, J.W. Breeding systems, cow weight and milk yield effects on various biological variables in beef production. *J. Anim. Sci.*, v.63, n.5, p.1361-1372, 1986.
- NEVILLE JR., W.E., MULLINIX JR, B.G., McCORMICK, W.C. Grading and rotational crossbreeding of beef cattle. II. Calf performance to weaning. *J. Anim. Sci.*, v.58, n.1, p.38-46, 1984.
- NOTTER, D.R. Feed intake specifications in defining breeding objectives. In: WORLD CONGRESS ON GENETICS APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION, 3, v.9, p.232-243, 1986.
- PEACOCK, F.M., KOGGER, M., OLSON, T.A. et al. Additive genetic and heterosis effects in crosses among cattle breeds of british, european and zebu origin. *J. Anim. Sci.*, v.52, n.5, p.1007-1013, 1981.
- RESTLE, J., SENNA, D.B., POLLI, V.A. et al. Comportamento reprodutivo de fêmeas de dois grupos genéticos quando desterнейradas aos 90 dias de idade. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 28, 1991, João Pessoa. *Anais...* João Pessoa: SBZ, 1991, p.414.
- ROSADO, M.L., FONTES, C.A.A., SOARES, J.E. Consumo alimentar de vacas de corte de cinco grupos genéticos, durante período de alimentação, em regime de pasto. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 28, 1991, João Pessoa. *Anais...* João Pessoa: SBZ, 1991, p.415.
- SAS *statistical analysis systems user's guide*: Stat, Version 6, 4. ed. Cary: SAS Institute, 1990. v.2.
- SENN, D.B., RESTLE, J. Produção de leite de vacas de corte de quatro grupos genéticos submetidas a diferentes seqüências de pastagem cultivada. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 30, 1993, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: SBZ, 1993a, p.240.
- SENN, D.B., RESTLE, J. Variação de peso de vacas de corte de quatro grupos genéticos submetidas a diferentes seqüências de pastagem cultivada. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 30, 1993, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: SBZ, 1993b, p.241.
- TREMATORE, R.L. *Estimativas de efeitos aditivos e heteróticos para características de crescimento até a desmama, em bovinos da raça Nelore e cruzados Charolês - Nelore*. São Carlos, 84p. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade Federal de São Carlos, 1996.

Recebido em 02/01/97

Aceito em 30/04/97