



## Efeitos genéticos aditivos e não-aditivos para características produtivas e reprodutivas em vacas mestiças Holandês x Gir<sup>1</sup>

Olivardo Facó<sup>2</sup>, Raimundo Nonato Braga Lôbo<sup>3</sup>, Raimundo Martins Filho<sup>4</sup>, Gabrimar Araújo Martins<sup>5</sup>, Sônia Maria Pinheiro de Oliveira<sup>6</sup>, Danielle Maria Machado Ribeiro Azevêdo<sup>7</sup>

<sup>1</sup> Projeto financiado pela FUNCAP - Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico, por intermédio da bolsa de Doutorado.

<sup>2</sup> Embrapa Caprinos - Estrada Sobral Groaíras, km 4, Caixa Postal 145, CEP 62011-970 - Sobral - CE.

<sup>3</sup> Embrapa Caprinos. Bolsista do CNPq.

<sup>4</sup> Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação da UNIDERP.

<sup>5</sup> Universidade Estadual Vale do Acaraú.

<sup>6</sup> Universidade Federal do Ceará.

<sup>7</sup> Embrapa Meio Norte.

**RESUMO** - A partir de registros de genealogia e controle leiteiro e reprodutivo fornecidos pela Associação Brasileira dos Criadores de Girolando, foram estimados os efeitos de diferença genética aditiva entre as raças Holandesa e Gir, de dominância e de recombinação, além das herdabilidades e repetibilidades, para as características produção de leite por lactação (PL), produção de leite até os 305 dias de lactação (PL305), duração da lactação (DL), intervalo de partos (IDP), idade ao primeiro parto (IPP) e produção de leite por dia de intervalo de partos (PL/IDP). Foram utilizados 4.805 registros de PL, PL305 e DL e 2.222, 1.408 e 2.363 registros de IDP, IPP e PL/IDP, respectivamente. Análises unicaracterísticas foram realizadas considerando os efeitos de diferença genética aditiva entre as raças, de dominância e de recombinação como covariáveis. As estimativas para a diferença genética aditiva entre as duas raças foram significativas para todas as características, exceto para o IDP, e foram estimadas em  $3.115 \pm 273$  kg,  $2.574 \pm 226$  kg,  $98 \pm 13$  dias,  $-236 \pm 67$  dias e  $7,5 \pm 0,9$  kg/dia para PL, PL305, DL, IPP e PL/IDP, respectivamente. Os efeitos de dominância (heterose) também foram significativos para todas as características, exceto para a DL. Foi verificada significativa perda por recombinação para PL e PL305. As estimativas de herdabilidade foram de  $0,25 \pm 0,05$ ,  $0,21 \pm 0,04$ ,  $0,12 \pm 0,04$ ,  $0,05 \pm 0,05$ ,  $0,33 \pm 0,09$  e  $0,21 \pm 0,07$  para PL, PL305, DL, IDP, IPP e PL/IDP, respectivamente, enquanto as estimativas de repetibilidade foram de  $0,49 \pm 0,05$ ;  $0,47 \pm 0,04$ ;  $0,18 \pm 0,04$ ;  $0,09 \pm 0,06$ ; e  $0,37 \pm 0,07$  para PL, PL305, DL, IDP e PL/IDP, respectivamente.

Palavras-chave: cruzamentos, dominância, epistasia, herdabilidade, repetibilidade

## Additive and non-additive genetic effects on productive and reproductive traits in Holstein x Gir crossbred cows

**ABSTRACT** - Pedigree and performance records of Holstein x Gir crossbred cows provided by the Brazilian Association of Girolando Breeders were used to estimate genetic parameters for milk yield (PL), 305 days milk yield (PL305), lactation length (DL), calving interval (IDP), age at first calving (IPP) and milk yield by day of calving interval (PL/IDP). Univariate models including additive, dominance and epistatic effects were fitted using 4,805 records of PL, PL305 and DL and 2,222, 1,408 and 2,363 records of IDP, IPP and PL/IDP, respectively. Except for IDP, estimates of additive genetic differences between breeds were significant for PL ( $3,115 \pm 273$  kg), PL305 ( $2,574 \pm 226$  kg), DL ( $98 \pm 13$  days), IPP ( $-236 \pm 67$  days) and PL/IDP ( $7.5 \pm 0.9$  kg/day). Dominance effects were significant for all traits, except DL and recombination loss was significant for PL and PL305. Heritability and repeatability estimates for PL, PL305, DL, IDP and PL/IDP were  $0.25 \pm 0.05$  and  $0.49 \pm 0.05$ ,  $0.21 \pm 0.04$  and  $0.47 \pm 0.04$ ,  $0.12 \pm 0.04$  and  $0.18 \pm 0.04$ ,  $0.05 \pm 0.05$  and  $0.09 \pm 0.06$ ,  $0.21 \pm 0.07$  and  $0.37 \pm 0.07$  respectively. The heritability estimate for IPP was  $0.33 \pm 0.09$ .

Key Words: crossbreeding, dominance, epistasis, heritability, repeatability

### Introdução

O cruzamento em espécies animais exploradas economicamente tem como objetivos a produção de heterose

ou vigor híbrido, a combinação dos méritos genéticos de diferentes raças em um único indivíduo e a rápida incorporação do material genético desejado (Euclides Filho, 1996).

## Material e Métodos

A base genética dos efeitos dos cruzamentos pode ser dividida em dois componentes principais: aditivo e não aditivo (Swan & Kinghorn, 1992). O componente aditivo é aquele atribuído ao mérito genético médio das raças envolvidas no cruzamento, enquanto o componente não aditivo é a heterose, definida como a diferença entre a média da característica avaliada (fenótipo) nos indivíduos oriundos do cruzamento, os mestiços, e a média desta mesma característica medida nos pais. Assim, a heterose representa um desvio da aditividade.

Segundo Falconer & Mackey (1996), a heterose é resultado do aumento da heterozigose nos indivíduos resultantes dos cruzamentos e atribuída à interação genética intraloco (dominância) ou entre locos (epistasia).

O conhecimento da natureza e da magnitude dos efeitos genéticos dos cruzamentos, ou seja, efeitos genéticos aditivo, de dominância e epistasia, é fundamental para o delineamento de programas de cruzamentos e de melhoramento genético para bovinos leiteiros nos trópicos.

Os efeitos dos cruzamentos têm comumente sido estimados utilizando-se o método dos quadrados mínimos (Martinez et al., 1988; Madalena et al., 1990; Lemos et al., 1992; Rege et al., 1994; Kahi et al., 1995; Facó et al., 2002; Facó et al., 2005a). No entanto, a utilização dos modelos mistos tem se tornado largamente aceita (Komender & Hoeschele, 1989; Mackinnon et al., 1996; Kahi et al., 2000; El Fadili & Leroy, 2001; Demeke et al., 2004; Wolf et al., 2005).

Komender & Hoeschele (1989) mostraram que a acurácia da estimativa dos efeitos dos cruzamentos pode ser elevada pela inclusão da matriz de parentesco em um modelo animal. Além disso, os modelos mistos permitem a estimação simultânea tanto dos parâmetros de cruzamento quanto das herdabilidades e correlações genéticas (El Fadili & Leroy, 2001).

No Brasil, são poucos os registros de estimação de efeitos de cruzamentos utilizando a metodologia dos modelos mistos sob modelo animal. Assim, os objetivos neste trabalho foram, a partir de dados de genealogia, controle leiteiro e reprodutivo obtidos junto à Associação Brasileira de Criadores de Girolando, estimar os efeitos genéticos dos cruzamentos, aditivos e não-aditivos, que influenciam a expressão das características produção de leite por lactação (PL), produção de leite até os 305 dias de lactação (PL305), duração da lactação (DL), intervalo de partos (IDP), idade ao primeiro parto (IPP) e produção de leite por dia de intervalo de partos (PL/IDP) utilizando a metodologia dos modelos mistos sob modelo animal e, a partir dos resultados obtidos, contribuir para maior conhecimento das potencialidades dos diversos sistemas de cruzamentos para produção de leite sob condição tropical.

Dados de produção total de leite por lactação (PL), produção de leite até os 305 dias de lactação (PL305), duração da lactação (DL) e registros de partos foram obtidos junto à Associação Brasileira dos Criadores de Girolando.

A partir dos registros de partos e de data de nascimento, foram calculados os intervalos de partos (IDP) e as idades ao primeiro parto (IPP). A produção de leite por dia de intervalo de partos (PL/IDP) foi calculada dividindo-se as produções totais de leite por lactação pelo número de dias do intervalo de partos correspondente.

As análises descritivas dos dados foram realizadas por meio dos procedimentos estatísticos contidos no SAS (1999), verificando restrições, limitações e a consistência das informações.

Utilizaram-se apenas os registros de vacas com informações sobre o grupo genético do pai e da mãe. Com esta restrição, o número de observações, que inicialmente era de 17.164, diminuiu para 7.059 registros. Considerando os resultados obtidos por Facó et al. (2005b), em que a eliminação das lactações curtas não reduziu a variabilidade genética, foram excluídas as lactações com duração inferior a 120 dias, totalizando 6.065 observações.

Foram definidos como grupo de contemporâneas as vacas com lactações iniciadas em mesmo ano de parto (1993 a 2003), estação de parto (1 - janeiro a março, 2 - abril a junho, 3 - julho a setembro e 4 - outubro a dezembro) e rebanho (48). Utilizou-se matriz de parentesco completa contendo 6.276 animais, filhos de 581 touros.

Por fim, foram eliminadas as lactações provenientes de grupos contemporâneos com menos de cinco observações, restando para análise 4.805 registros das características produção de leite por lactação (PL), produção de leite até os 305 dias de lactação (PL305) e duração da lactação (DL) e 2.222, 1.408 e 2.363 registros de intervalo de partos (IDP), idade ao primeiro parto (IPP) e produção de leite por dia de intervalo de partos (PL/IDP), respectivamente.

Para cada uma das características estudadas, estimativas dos componentes de (co)variância, de parâmetros genéticos e de efeitos genéticos aditivos e não aditivos foram obtidas por meio do método da máxima verossimilhança restrita (REML), sob um modelo animal unicaracterístico, utilizando o programa computacional MTDFREML (Boldman et al., 1995).

Modelos animais de repetibilidade foram utilizados para as características PL, PL305, DL, IDP e PL/IDP (modelo 1), em que os efeitos genéticos aditivos diretos e os efeitos de ambiente permanente atribuídos aos registros repetidos por vaca foram considerados como aleatórios. Para

a IPP, foi utilizado um modelo animal simples (modelo 2). Matricialmente, os modelos são descritos da seguinte forma:

$$y = X\beta + b_1iv + b_2iv^2 + b_3g + b_4d + b_5r + Za + Wc + e$$

(modelo 1)

$$y = X\beta + b_3g + b_4d + b_5r + Za + e$$

(modelo 2)

em que:  $y$  é o vetor de observações para as características estudadas (PL, PL305, DL, IDP, IPP ou PL/IDP);  $\beta$ , o vetor dos efeitos fixos dos grupos de contemporâneos;  $iv$ , a idade da vaca ao parto;  $g$ , a proporção esperada de genes da raça Holandesa;  $d$ , a heterozigosidade esperada na vaca, calculada, conforme definição de Dickerson (1973), como  $p_p(1-p_m) + p_m(1-p_p)$ ;  $r$ , a recombinação média esperada de pares de locos originados das raças Holandesa e Gir, calculada como  $p_p(1-p_p) + p_m(1-p_m)$ , em que  $p_p$  e  $p_m$  é a proporção de genes da raça holandesa no pai e na mãe da vaca, respectivamente;  $a$ , o vetor de efeitos aleatórios genéticos diretos de animal;  $c$ , o vetor de efeitos aleatórios de ambiente permanente, adicionados dos efeitos genéticos não aditivos não contabilizados;  $e$ , o vetor de efeitos residuais aleatórios;  $X$ ,  $Z$  e  $W$ , as matrizes de incidência

relacionando os registros aos efeitos fixos, aleatório de animal e aleatórios de ambiente permanente, respectivamente;  $b_1$  a  $b_5$ , os coeficientes de regressão.

Os efeitos aleatórios residual, genético aditivo direto e de ambiente permanente foram considerados de distribuição normal, com média zero e variâncias  $\sigma_e^2$ ,  $\sigma_a^2$  e  $\sigma_c^2$ , respectivamente (Tabela 1). As esperanças das variâncias foram:  $\text{var}(y) = \sigma_a^2 + \sigma_c^2 + \sigma_e^2$  para o modelo 1 e  $\text{var}(y) = \sigma_a^2 + \sigma_e^2$  para o modelo 2, em que  $\text{var}(a) = A\sigma_a^2$ ,  $\text{var}(c) = I\sigma_c^2$ , e  $\text{var}(e) = I\sigma_e^2$ . A partir destas distribuições, a variância fenotípica ( $V_p$ ), a herdabilidade ( $h^2$ ) e a repetibilidade ( $r^2$ ) foram calculadas como  $V_p = V_a + V_c + V_e$ ,  $h^2 = V_a / V_p$  e  $r^2 = (V_a + V_c) / V_p$ , respectivamente.

As estimativas dos coeficientes de regressão  $b_3$ ,  $b_4$  e  $b_5$ , relativos aos efeitos de diferença genética aditiva entre as raças Holandesa e Gir ( $g$ ), de dominância ( $d$ ) e recombinação ( $r$ ), respectivamente, foram testados contra a hipótese de nulidade. Foi computado o teste  $t$  da seguinte forma:  $t = (\text{valor da estimativa} - \text{zero}) / (\text{erro-padrão da estimativa})$ , conforme Steel et al. (1996). As estimativas com valor de  $t$  menor ou igual a -1,96 ou maior ou igual a 1,96 foram significativamente diferentes de 0 a 5% de probabilidade, logo, são importantes para a expressão da característica.

Tabela 1 - Valores de proporção esperada de genes da raça Holandesa ( $g$ ), heterozigosidade esperada ( $d$ ) e recombinação média esperada de pares de locos originados das raças Holandesa e Gir ( $r$ ), de acordo com os grupos genéticos das vacas, dos pais das vacas e das mães das vacas

Grupo genético	Grupo genético do pai	Grupo genético da mãe	$g$	$d$	$r$
Gir	Gir	Gir	0,000000	0,000000	0,000000
1/4	Gir	1/2	0,250000	0,500000	0,250000
3/8	3/4	Gir	0,375000	0,750000	0,187500
3/8	Gir	3/4	0,375000	0,750000	0,187500
7/16	5/8	1/4	0,437500	0,562500	0,421875
1/2	3/4	1/4	0,500000	0,625000	0,375000
1/2	Gir	Holandês	0,500000	1,000000	0,000000
1/2	Holandês	Gir	0,500000	1,000000	0,000000
9/16	1/2	5/8	0,562500	0,500000	0,484375
9/16	5/8	1/2	0,562500	0,500000	0,484375
5/8	1/2	3/4	0,625000	0,500000	0,437500
5/8	3/4	1/2	0,625000	0,500000	0,437500
5/8	5/8	5/8	0,625000	0,468750	0,468750
5/8	Holandês	1/4	0,625000	0,750000	0,187500
11/16	3/4	5/8	0,687500	0,437500	0,421875
11/16	5/8	3/4	0,687500	0,437500	0,421875
11/16	Holandês	3/8	0,687500	0,625000	0,234375
3/4	3/4	3/4	0,750000	0,375000	0,375000
3/4	5/8	7/8	0,750000	0,406250	0,343750
3/4	Holandês	1/2	0,750000	0,500000	0,250000
13/16	3/4	7/8	0,812500	0,312500	0,296875
13/16	5/8	Holandês	0,812500	0,375000	0,234375
13/16	Holandês	5/8	0,812500	0,375000	0,234375
7/8	3/4	Holandês	0,875000	0,250000	0,187500
7/8	Holandês	3/4	0,875000	0,250000	0,187500
Holandês	Holandês	Holandês	1,000000	0,000000	0,000000

## Resultados e Discussão

As estimativas do efeito de diferença genética aditiva entre as raças Gir e Holandês foram significativas e elevadas para todas as características estudadas, exceto para o intervalo de partos (Tabelas 2, 3 e 4). Esses resultados evidenciam efeito favorável dos genes da raça Holandesa no sentido da elevação da produção de leite e da duração da lactação e redução da idade ao primeiro parto.

Concordando com os resultados obtidos neste estudo, o efeito favorável da contribuição dos genes de raças especializadas para a elevação da produção de leite e duração da lactação está documentado na literatura (Madalena et al., 1990; Mackinnon et al., 1996; Kahi et al., 2000; Facó et al., 2002; Demeke et al., 2004; Wolf et al., 2005).

Lemos et al. (1992) observaram efeito significativo da diferença genética aditiva entre as raças Holandesa e Gir sobre a IPP apenas quando o nível de manejo foi elevado. Entretanto, Facó et al. (2005a) não encontraram essa significância. É importante mencionar que tanto Lemos et al. (1992) quanto Facó et al. (2005a) utilizaram o método dos quadrados mínimos e um modelo com interações epistáticas do tipo aditivo  $\times$  aditivo.

Ao contrário do encontrado neste estudo, Martinez et al. (1988) observaram efeito genético aditivo da raça Holandesa

Tabela 2 - Estimativas dos efeitos genéticos aditivos, de dominância e de recombinação, herdabilidade e repetibilidade para as características produtivas em animais mestiços Holandês  $\times$  Gir

Efeito ou parâmetro	Estimativa	Erro-padrão	t
Produção de leite na lactação (kg)			
Aditivo (a)	3.115,24	273,32	11,40***
Dominância (d)	817,27	195,88	4,17***
Recombinação (r)	-735,46	335,34	-2,19*
Herdabilidade (h <sup>2</sup> )	0,25	0,05	
Repetibilidade (r <sup>2</sup> )	0,49	0,05	
Proporção d/a	26,2%		
Produção de leite em 305 dias (kg)			
Aditivo (a)	2.574,78	226,25	11,38***
Dominância (d)	829,79	162,55	5,10**
Recombinação (r)	-548,48	276,35	-1,98*
Herdabilidade (h <sup>2</sup> )	0,21	0,04	
Repetibilidade (r <sup>2</sup> )	0,47	0,04	
Proporção d/a	32,2%		
Duração da lactação (dia)			
Aditivo (a)	98,30	12,92	7,61***
Dominância (d)	11,00	9,31	1,18 <sup>ns</sup>
Recombinação (r)	-27,66	15,28	-1,81 <sup>ns</sup>
Herdabilidade (h <sup>2</sup> )	0,12	0,04	
Repetibilidade (r <sup>2</sup> )	0,18	0,04	
Proporção d/a	11,2%		

\*\*\*P<0,001; \*\*P<0,01; \*P<0,05; <sup>ns</sup> não-significativo.

significativo e favorável no sentido de redução do IDP. Por outro lado, Madalena et al. (1990) e Kahi et al. (2000) não observaram essa significância sobre o IDP.

A não-significância do efeito genético aditivo para os intervalos de partos (Tabela 3) indica que as raças Gir e Holandesa apresentaram desempenho semelhante para essa característica. Como o efeito sobre a produção de leite foi elevado e positivo, isso se refletiu sobre a produção de leite por dia de intervalo de partos (PL/IDP), de modo que o efeito genético aditivo foi elevado e significativo e a contribuição dos genes da raça Holandesa foi importante para maior PL/IDP (Tabela 4).

As estimativas do efeito de dominância foram elevadas e significativas para todas as características estudadas, exceto para a duração da lactação. Para as características produção de leite por lactação e produção de leite em 305 dias de lactação, o efeito de dominância foi positivo, evidenciando a importância da heterose para produção de leite

Tabela 3 - Estimativas dos efeitos genéticos aditivos, de dominância e de recombinação, herdabilidade e repetibilidade para as características reprodutivas em animais mestiços Holandês  $\times$  Gir

Efeito ou parâmetro	Estimativa	Erro-padrão	t
Intervalo de partos (dia)			
Aditivo (a)	-44,87	28,32	-1,58 <sup>ns</sup>
Dominância (d)	-59,67	20,74	-2,88**
Recombinação (r)	-30,55	32,33	-0,94 <sup>ns</sup>
Herdabilidade (h <sup>2</sup> )	0,05	0,05	
Repetibilidade (r <sup>2</sup> )	0,09	0,06	
Proporção d/a	133,0%		
Idade ao primeiro parto (dia)			
Aditivo (a)	-235,66	67,17	-3,51***
Dominância (d)	-189,33	47,24	-4,01***
Recombinação (r)	-79,43	65,39	-1,21 <sup>ns</sup>
Herdabilidade (h <sup>2</sup> )	0,33	0,09	
Proporção d/a	80,3%		

\*\*\*P<0,001; \*\*P<0,01; \*P<0,05; <sup>ns</sup> não-significativo.

Tabela 4 - Estimativas dos efeitos genéticos aditivos, de dominância e de recombinação, herdabilidade e repetibilidade para a característica produção de leite por dias de intervalo de parto em animais mestiços Holandês  $\times$  Gir

Efeito ou parâmetro	Estimativa	Erro-padrão	t
Aditivo (a)	7,46	0,90	8,33***
Dominância (d)	2,92	0,64	4,58***
Recombinação (r)	-0,14	1,03	-0,14 <sup>ns</sup>
Herdabilidade (h <sup>2</sup> )	0,21	0,07	
Repetibilidade (r <sup>2</sup> )	0,37	0,07	
Proporção d/a	39,2%		

\*\*\*P<0,001; \*\*P<0,01; \*P<0,05; <sup>ns</sup> não-significativo.

nas condições tropicais. A heterozigose, conseqüentemente a heterose, também foi importante no sentido de reduzir os intervalos de partos e as idades ao primeiro parto.

Estes resultados estão de acordo com os encontrados por Robison et al. (1981), Martinez et al. (1988), Lemos et al. (1992), Kahi et al. (2000), Facó et al. (2002), Wolf et al. (2005) e Facó et al. (2005a), em que a heterose foi fator importante para o melhor desempenho quanto às características relacionadas à produção de leite, à fertilidade e à precocidade sexual. Os resultados obtidos por Madalena et al. (1990) foram semelhantes, exceto pela não significância do efeito de dominância para o IDP. Rege et al. (1994), Mackinnon et al., (1996) e Demeke et al. (2004) observaram efeito de dominância significativo para a duração da lactação. Rege et al. (1994) também não relataram efeito significativo de dominância para os intervalos de partos e as idades ao primeiro parto.

As estimativas do efeito de recombinação foram significativas e negativas para as características produção de leite por lactação e produção de leite em 305 dias de lactação. Isso indica que a recombinação gênica observada em alguns tipos de acasalamento produziu efeitos depressores sobre a produção de leite. Os valores negativos para os efeitos de recombinação estão de acordo com a teoria de que uma quebra de interações epistáticas favoráveis pode ocorrer pelo processo de recombinação durante a meiose quando as raças envolvidas no cruzamento são selecionadas em direções diferentes por muito tempo (Dickerson, 1973). Para as demais características (DL, IDP, IPP e PL/IDP), as estimativas para o efeito de recombinação não foram significativas. Vale ressaltar que a perda por recombinação observada para a produção de leite não se refletiu na produção de leite por dia de intervalo de partos.

Outros autores observaram efeitos significativos para as interações epistáticas para a idade ao primeiro parto (Lemos et al., 1992; Facó et al., 2005a) e para produção de leite (Mackinnon et al., 1996; Kahi et al., 2000; Facó et al., 2002; Demeke et al., 2004; Wolf et al., 2005), sendo que todos observaram efeitos de redução de desempenho atribuídos à perda por recombinação.

As estimativas de herdabilidade variaram em magnitude, sendo mais elevada para a idade ao primeiro parto (IPP), moderada para as produções de leite total (PL), em 305 dias (PL305) e por dia de intervalo de partos (PL/IDP), baixa para a duração da lactação (DL) e próxima de zero para o intervalo de partos (IDP) (Tabelas 2, 3 e 4).

Estimativas de herdabilidade inferiores para produção de leite por lactação foram obtidas por Freitas et al. (1995)

e Mackinnon et al. (1996), enquanto Demeke et al. (2004) encontraram estimativas semelhantes às deste estudo, tanto para a produção de leite quanto para a duração da lactação. Costa et al. (2004) obtiveram estimativas de herdabilidade para a produção de leite semelhantes no grupo genético Gir puro, mas inferiores no grupo de mestiças.

Lôbo et al. (2000), em revisão sobre estimativas de parâmetros genéticos para bovinos de corte e leite determinadas em regiões tropicais, relataram herdabilidades de  $0,35 \pm 0,16$ ,  $0,32 \pm 0,17$ ,  $0,27 \pm 0,12$ ,  $0,14 \pm 0,11$ ,  $0,33 \pm 0,15$  e  $0,25 \pm 0,14$  para as características PL, PL305, DL, IDP, IPP e PL/IDP, respectivamente. Logo, é possível constatar que as estimativas de herdabilidade observadas no estudo estão de acordo com as encontradas na literatura. Além disso, considerando as distribuições de frequência das estimativas citadas por Lôbo et al. (2000), nota-se que as estimativas de herdabilidade obtidas neste trabalho estão próximas das classes de maior frequência.

De modo geral, as herdabilidades de magnitude moderada a alta estimadas para as características relacionadas à produção de leite e para a idade ao primeiro parto indicam a existência de variação genética aditiva suficiente para permitir ganhos genéticos por meio da seleção. Por outro lado, a baixa herdabilidade observada para o intervalo de partos, associada ao importante efeito favorável de heterose (Tabela 3), indicam que a estratégia mais adequada para melhorar o desempenho quanto ao IDP é a utilização de cruzamentos de modo a manter elevado o nível de heterozigose.

As estimativas de repetibilidade para as características relacionadas à produção de leite foram elevadas quando comparadas às obtidas por Freitas et al. (1995), Mackinnon et al. (1996) e Demeke et al. (2004). Talvez este fato indique que o efeito de ambiente permanente está inflacionado por efeitos genéticos não aditivos não incluídos no modelo de análise.

Destaca-se que a relação entre os efeitos de dominância e os efeitos de diferença genética aditiva entre as raças Holandesa e Gir foi elevada para a idade ao primeiro parto (80%) e o intervalo de partos (133%), moderada para a produção de leite por lactação (26%), a produção de leite em 305 dias de lactação (32%) e a produção de leite por dia de intervalo de partos (39%) e baixa para a duração da lactação (11%). Esses resultados estão de acordo com a teoria genética em que, segundo Falconer & Mackay (1996), a heterose é observada principalmente em características relacionadas à capacidade reprodutiva e adaptação.

## Conclusões

Os efeitos genéticos aditivos da raça Holandesa são importantes para maior produção de leite e duração da lactação e para a redução da idade ao primeiro parto. Esses efeitos são complementados pela heterose resultante do cruzamento com a raça Gir. A estratégia mais adequada para melhorar o desempenho para a característica intervalo de partos é a utilização de cruzamentos. A redução da produção de leite por meio das perdas por recombinação torna mais complexo o processo de formação de uma raça sintética a partir do cruzamento entre as raças Gir e Holandesa, tornando-se necessário rigoroso e bem conduzido processo de seleção para neutralizar esses efeitos indesejáveis.

## Agradecimento

À Associação Brasileira dos Criadores de Girolando, que cedeu atenciosamente os dados e esteve sempre disponível para esclarecimentos.

## Literatura Citada

- BOLDMAN, K.G.; KRIESE, L.A.; van VLECK, L.D. et al. **A manual for use of MTDFREML**: a set of programs to obtain estimates of variance and covariance. Lincoln: Agricultural Research Service, 1995. 120p. [DRAFT].
- COSTA, C.N.; MARTINEZ, M.L.; VERNEQUE, R.S. et al. Heterogeneidade de (co)variância para as produções de leite e de gordura entre vacas puras e mestiças da raça Gir. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.3, p.555-563, 2004.
- DEMEKE, S.; NESER, F.W.C.; SCHOEMAN, S.J. Estimates of genetics parameters for Boran, Friesian, and crosses of Friesian and Jersey with the Boran cattle in the tropical highlands of Ethiopia: milk production traits and cow weight. **Journal of Animal Breeding and Genetics**, v.121, p.163-175, 2004.
- DICKERSON, G.E. Inbreeding and heterosis in animals. In: ANIMAL BREEDING AND GENETICS SYMPOSIUM IN HONOR OF DR. JAY L. LUSH, 1973. Champaign. **Proceedings...** Champaign: American Society of Animal Science, 1973. p.54-77.
- EUCLIDES FILHO, K. **O melhoramento genético e os cruzamentos em bovino de corte**. Campo Grande: EMBRAPA-CNPDC, 1996. 35p. (Documentos, 63).
- EL FADILI, M.; LEROY, P.L. Estimation of additive and non-additive genetic parameters for reproduction, growth and survival traits in crosses between the Moroccan D'man and Timahdite sheep breeds. **Journal of Animal Breeding and Genetics**, v.118, p.341-353, 20 01.
- FACÓ, O.; LÔBO, R.N.B.; MARTINS FILHO, R. et al. Idade ao primeiro parto e intervalo de partos de cinco grupos genéticos Holandês x Gir no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, p.1920-1926, 2005a.
- FACÓ, O.; MARTINS FILHO, R.; LÔBO, R.N.B. et al. Efeito da eliminação das lactações curtas e do ajuste da produção de leite pela duração da lactação sobre a comparação do desempenho produtivo de vacas mestiças Holandês x Gir. In: FACÓ, O. (Ed.) **Estudo genético-quantitativo com os grupos genéticos formadores da raça Girolando**. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2005b. p.24-35.
- FACÓ, O.; MARTINS FILHO, R. LÔBO, R.N.B. et al. Análise do desempenho produtivo de diversos grupos genéticos Holandês x Gir no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.5, p.1944-1952, 2002.
- FALCONER, D.S.; MACKAY, T.F.C. **Introduction to quantitative genetics**. Harlow: Longman Group Limited, 1996. 464p.
- FREITAS, A.F.; WILCOX, C.J.; ROMAN, R.M. Genetic parameters for milk yield and composition of crossbred dairy cattle in Brazil. **Revista Brasileira de Genética**, v.18, n.2, p.229-235, 1995.
- KAHI, A.K.; NITTER, G.; THORPE, W. et al. Crossbreeding for dairy production in the lowland tropics of Kenya. II. Prediction of performance of alternative crossbreeding strategies. **Livestock Production Science**, v.63, p.55-63, 2000.
- KAHI, A.K.; MACKINNON, M.J.; THORPE, W. et al. Estimation of individual and maternal additive genetic and heterotic effects for preweaning traits of crosses of Ayrshire, Brown Swiss and Sahival cattle in the lowland tropics of Kenya. **Livestock Production Science**, v. 44, p.139-146, 1995.
- KOMENDER, P.; HOESCHELE, I. Use of mixed-model methodology to improve estimation of crossbreeding parameters. **Livestock Production Science**, v.21, n.2, p.101-113, 1989.
- LEMO, A.M.; MADALENA, F.E.; TEODORO, R.L. et al. Comparative Performance of six Holstein-Friesian x Guzera grades in Brazil. 5. Age at first calving. **Revista Brasileira de Genética**, v.15, n.1, p.73-83, 1992.
- LÔBO, R.N.B.; MADALENA, F.E.; VIEIRA, A.R. Average estimates of genetic parameters for beef and dairy cattle in tropical regions. **Animal Breeding Abstracts**, v.68, n.6, p.433-462, 2000.
- MADALENA, F.E.; LEMOS, A.M.; TEODORO, R.L. et al. Dairy production and reproduction in Holstein-Friesian and Guzera crosses. **Journal of Dairy Science**, v.73, p.1872-1886, 1990.
- MACKINNON, M.J.; THORPE, W.; BAKER, R.L. Sources of genetic variation for milk production in a crossbred herd in the tropics. **Animal Science**, v.62, p.5-16, 1996.
- MARTINEZ, M.L.; LEE, A.J.; LIN, C.Y. Age and Zebu-Holstein additive and heterotic effects on lactation performance and reproduction in Brazil. **Journal of Dairy Science**, v.71, n.3, p. 800-808, 1988.
- REGE, J.E.O.; ABOAGYE, G.S.; AKAH, S. et al. Crossbreeding Jersey with Ghana Shorthorn and Sokoto Gudali cattle in a tropical environment: additive and heterotic effects for milk production, reproduction and calf growth traits. **Animal Production**, v.59, p. 21-29, 1994.
- ROBISON, O.W.; McDANIEL, B.T.; RINCON, E.J. Estimation of direct and maternal additive and heterotic effects from crossbreeding experiments in animals. **Journal of Animal Science**, v.52, n.1, p. 44-50, 1981.
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEMS - SAS. **User's guide**: statistics. Cary: 1999. (CD-ROM).
- STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H.; DICKEY, D.A. **Principles and procedures of statistics**: a biometrical approach. 3.ed. New York: McGraw-Hill, 1996. 666p.
- SWAN, A.A.; KINGHORN, B.P. Symposium: dairy crossbreeding: Evaluation and exploitation of crossbreeding in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v.75, p.624-639, 1992.
- WOLF, J.; ZAVADILOVÁ, L.; NEMCOVÁ, E. Non-additive effects on milk production in Czech dairy cows. **Journal of Animal Breeding and Genetics**, v.122, p.332-339, 2005.