

## EVIDÊNCIA DE EFEITOS DE HETEROSE E EPISTASIA SOBRE O GANHO DE PESO PÓS-DESMAMA DE BOVINOS NELORE<sup>1</sup>

V. Cardoso<sup>2</sup>, S.A. de Queiroz<sup>2</sup>, F.V. Brito<sup>3</sup>, L.A. Fries<sup>3,4</sup>

<sup>1</sup> Pesquisa em andamento no DZ/UNESP/Jaboticabal, financiada pela FAPESP.

<sup>2</sup> DZ/FCAV/UNESP, CEP:14884-900, Jaboticabal, SP.

<sup>3</sup> Gensys Consultores Associados S/C Ltda.

<sup>4</sup> Lagoa da Serra Ltda.

### Introdução

Dados de 303.657 animais da raça Nelore, da Associação Brasileira dos Criadores de Zebu (ABCZ), foram utilizados com o objetivo de avaliar os efeitos não aditivos sobre a característica D240 (dias para ganhar 240 kg da desmama ao abate). As DEP's dos animais e de seus pais para D240 foram calculadas pelo Método GenSys (Schenkel e Brito, 1994). O resíduo (variável resposta) foi obtido ao subtrair-se, dos valores observados para D240, os seus valores genéticos preditos ( $2 \cdot \text{DEP}$ ) e os efeitos de grupos contemporâneos. A média dos animais para D240 foi  $736,85 \pm 287,85$  e o coeficiente médio de endogamia foi  $0,017 \pm 0,032$ .

### Material e Métodos

Análises de regressão do resíduo foram realizadas por meio do procedimento REG do programa computacional SAS (SAS 1998), sobre possíveis efeitos aditivos, efeitos de dominância e de epistasia, de acordo com os 15 modelos, apresentados na Tabela 1. Três definições de heterozigose foram obtidas, utilizando-se os coeficientes de endogamia observado ( $F_A$ ) e esperado ( $EF_A$ ): a heterozigose1 ( $h_{1A}$ ), calculada por  $1 - F_A$ ; a heterozigose2 ( $h_{2A}$ ), que considerou os valores positivos da equação  $EF_A - F_A$  (os valores negativos foram igualados a zero); e a heterozigose3 ( $h_{3A}$ ), que considerou todos os valores, positivos e negativos, de  $EF_A - F_A$ . Os valores positivos indicariam presença de heterozigose e os negativos indicariam a existência de uma consangüinidade extra no animal, além da esperada.  $EF_A$  equivale à metade da endogamia dos pais ou  $1/2 (F_P + F_M)$ , em que  $F_P$  e  $F_M$  são os coeficientes de endogamia do pai e da mãe, respectivamente.  $F_P$  e  $F_M$  ausentes foram considerados iguais a zero. Para o cálculo da epistazigose, outras três equações foram empregadas: para a epistazigose1 ( $E_{1A}$ ) utilizou-se a equação  $1/2 [(1 - F_P) + (1 - F_M)]$ ; para as epistazigosas 2 ( $E_{2A}$ ) e 3 ( $E_{3A}$ ), as equações:  $1/2 (h_{2P} + h_{2M})$  e  $1/2 (h_{3P} + h_{3M})$ , respectivamente. Às informações ausentes de h, paterna (P) ou materna (M), atribuiu-se valor zero.  $E_{2A0}$  e  $E_{3A0}$  consideraram como zero o valor de  $E_{2A}$  e  $E_{3A}$  ausentes.

### Resultados e Discussão

Todos os efeitos aditivos quadráticos ( $DEP_{AA}$ ,  $DEP_{PP}$ ,  $DEP_{MM}$ ) e as interações aditivas ( $DEP_{AP}$ ,  $DEP_{AM}$ ,  $DEP_{PM}$ ) consideradas foram significativas ( $P < 0,0001$ ) sobre o resíduo de D240 (Tabela 1). É possível, portanto, que existam efeitos não-lineares dos componentes genéticos aditivos ou que a significância destes efeitos seja devida a um artifício de cálculo, pela participação do valor genético dos animais na equação do resíduo, ou pela não consideração da segregação mendeliana. A exclusão destes efeitos, no entanto, poderia levar a conclusões erradas a respeito da existência de efeitos de dominância e epistasia. Os

efeitos de dominância, representados por  $h1_A$  e por  $h3_A$ , foram significativos quanto à explicação do resíduo. O modelo 6 foi o único em que  $h2_A$  não apresentou efeito significativo.  $H1_A$ , sendo um valor complementar da consangüinidade, estaria, ao contrário desta, afetando positivamente a característica em questão (Tabela 1). Já  $h2_A$  e  $h3_A$ , que podem ser entendidas como um aumento e, um aumento ou diminuição, respectivamente, no número de genes em heterozigose com relação à homozigose esperada, indicariam a existência de efeitos de dominância afetando a característica. Os coeficientes de regressão para estes efeitos foram valores relativamente altos e negativos (Tabela 1), o que revela um fator importante/desejável para a realização de acasalamentos dirigidos dentro da raça. Efeitos epistáticos importantes também foram observados quando se utilizou  $E1_A$  e  $E2_A0$  como covariáveis. Em oposição às perdas epistáticas indicadas pelos valores dos coeficientes de regressão de  $E1_A$ , os coeficientes de  $E2_A0$  foram altos e favoráveis. De acordo com Curik *et al.* (2001), quando existe seleção, a presença de efeito epistático aditivo por dominante negativo pode levar a uma relação positiva entre performance e endogamia. Outra possível explicação parcial seria a informação incompleta sobre  $h2$  dos pais.  $E2_A$  estaria revelando heterose não quantificada das fêmeas de 'livro aberto'.  $H1_A$ ,  $h2_A$  e  $h3_A$  foram significativos junto com  $E2_A0$ , nos modelos 3, 8 e 13, respectivamente. Fries *et al.* (2000) verificaram que com o aumento da heterozigose em uma geração ocorre o aumento da frequência de configurações recombinantes nos gametas, gerando maiores efeitos epistáticos na próxima geração. Quando excluiu-se os efeitos aditivos do modelo, e quando considerados isoladamente, os efeitos de heterozigose e epistazigose foram igualmente significativos.

### Conclusões

Efeitos genéticos não aditivos (incluindo heterose e epistasia) estão afetando a característica D240 na população Nelore estudada, e podem ser explicados pela teoria existente, em função de acasalamentos entre linhagens que se diferenciaram dentro da raça. Maiores estudos são necessários para esclarecer a ocorrência destes efeitos em outras características e determinar a direção/magnitude com que as afetam.

### Referências Bibliográficas

- Curik, I., Sölkner, J., Stipic, N. 2001. J. Anim. Breed. Genet. 118: 247-62.  
 Fries, L.A., Johnston, D.J., Hearnshaw, H., 2000. Asian-Aus. J. Anim. Sci. 13 B:242  
 SAS Institute Inc. (1998) « SAS/STAT. User guide ». Cary, USA.  
 Schenkel, F. S. e F. V. Brito. 1994. Proc. 5<sup>th</sup> WCGALP. 17:192-5.  
 Tabela 1. Parâmetros estimados para as covariáveis consideradas nos modelos utilizados para testar o resíduo de D240.

Covariáveis <sup>F</sup>	<i>Coefficientes de Regressão dos Modelos 1 a 5</i>				
	M 1	M 2	M 3	M 4	M 5
<b>DEP<sub>AA</sub></b>	-0,069 <sup>A</sup>	-0,068 <sup>A</sup>	-0,069 <sup>A</sup>	-0,068 <sup>A</sup>	-0,069 <sup>A</sup>
<b>DEP<sub>PP</sub></b>	-0,015 <sup>A</sup>	-0,012 <sup>A</sup>	-0,015 <sup>A</sup>	-0,012 <sup>A</sup>	-0,015 <sup>A</sup>
<b>DEP<sub>MM</sub></b>	-0,036 <sup>A</sup>	-0,033 <sup>A</sup>	-0,036 <sup>A</sup>	-0,033 <sup>A</sup>	-0,036 <sup>A</sup>
<b>DEP<sub>AP</sub></b>	0,066 <sup>A</sup>	0,060 <sup>A</sup>	0,066 <sup>A</sup>	0,060 <sup>A</sup>	0,066 <sup>A</sup>
<b>DEP<sub>AM</sub></b>	0,136 <sup>A</sup>	0,129 <sup>A</sup>	0,136 <sup>A</sup>	0,129 <sup>A</sup>	0,136 <sup>A</sup>
<b>DEP<sub>PM</sub></b>	-0,067 <sup>A</sup>	-0,063 <sup>A</sup>	-0,067 <sup>A</sup>	-0,063 <sup>A</sup>	-0,067 <sup>A</sup>
<b>h1<sub>A</sub></b>	-44,324 <sup>A</sup>	-48,447 <sup>A</sup>	-30,648 <sup>A</sup>	-49,195 <sup>A</sup>	-29,556 <sup>A</sup>
<b>E1<sub>A</sub></b>	48,899 <sup>A</sup>				

<b>E2<sub>A</sub></b>		16,001 <sup>E</sup>			
<b>E2<sub>A0</sub></b>			-77,571 <sup>C</sup>		
<b>E3<sub>A</sub></b>				12,985 <sup>E</sup>	
<b>E3<sub>A0</sub></b>					4,232 <sup>E</sup>
<b>N</b>	303.657	71.821	303.657	71.821	303.657
<b>R<sup>2</sup></b>	0,4169	0,4196	0,4168	0,4196	0,4168

**Coefficientes de Regressão dos Modelos 6 a 10**

Covariáveis <sup>F</sup>	M 6	M 7	M 8	M 9	M 10
<b>DEP<sub>AA</sub></b>	-0,069 <sup>A</sup>	-0,068 <sup>A</sup>	-0,069 <sup>A</sup>	-0,068 <sup>A</sup>	-0,069 <sup>A</sup>
<b>DEP<sub>PP</sub></b>	-0,015 <sup>A</sup>	-0,012 <sup>A</sup>	-0,015 <sup>A</sup>	-0,012 <sup>A</sup>	-0,015 <sup>A</sup>
<b>DEP<sub>MM</sub></b>	-0,036 <sup>A</sup>	-0,033 <sup>A</sup>	-0,036 <sup>A</sup>	-0,033 <sup>A</sup>	-0,036 <sup>A</sup>
<b>DEP<sub>AP</sub></b>	0,066 <sup>A</sup>	0,060 <sup>A</sup>	0,066 <sup>A</sup>	0,060 <sup>A</sup>	0,066 <sup>A</sup>
<b>DEP<sub>AM</sub></b>	0,136 <sup>A</sup>	0,129 <sup>A</sup>	0,136 <sup>A</sup>	0,129 <sup>A</sup>	0,136 <sup>A</sup>
<b>DEP<sub>PM</sub></b>	-0,067 <sup>A</sup>	-0,063 <sup>A</sup>	-0,067 <sup>A</sup>	-0,063 <sup>A</sup>	-0,067 <sup>A</sup>
<b>h2<sub>A</sub></b>	-7,967 <sup>E</sup>	-45,411 <sup>D</sup>	-36,488 <sup>A</sup>	-48,294 <sup>D</sup>	-36,226 <sup>A</sup>
<b>E1<sub>A</sub></b>	27,508 <sup>B</sup>				
<b>E2<sub>A</sub></b>		22,775 <sup>E</sup>			
<b>E2<sub>A0</sub></b>			-70,106 <sup>D</sup>		
<b>E3<sub>A</sub></b>				-7,388 <sup>E</sup>	
<b>E3<sub>A0</sub></b>					-10,071 <sup>E</sup>
<b>N</b>	303.657	71.821	303.657	71.821	303.657
<b>R<sup>2</sup></b>	0,4167	0,4195	0,4167	0,4195	0,4167

**Coefficientes de Regressão dos Modelos 11 a 15**

Covariáveis <sup>F</sup>	M 11	M 12	M 13	M 14	M 15
<b>DEP<sub>AA</sub></b>	-0,069 <sup>A</sup>	-0,068 <sup>A</sup>	-0,069 <sup>A</sup>	-0,068 <sup>A</sup>	-0,069 <sup>A</sup>
<b>DEP<sub>PP</sub></b>	-0,015 <sup>A</sup>	-0,012 <sup>A</sup>	-0,015 <sup>A</sup>	-0,012 <sup>A</sup>	-0,015 <sup>A</sup>
<b>DEP<sub>MM</sub></b>	-0,036 <sup>A</sup>	-0,033 <sup>A</sup>	-0,036 <sup>A</sup>	-0,033 <sup>A</sup>	-0,036 <sup>A</sup>
<b>DEP<sub>AP</sub></b>	0,066 <sup>A</sup>	0,060 <sup>A</sup>	0,066 <sup>A</sup>	0,060 <sup>A</sup>	0,066 <sup>A</sup>
<b>DEP<sub>AM</sub></b>	0,136 <sup>A</sup>	0,129 <sup>A</sup>	0,136 <sup>A</sup>	0,129 <sup>A</sup>	0,136 <sup>A</sup>
<b>DEP<sub>PM</sub></b>	-0,067 <sup>A</sup>	-0,063 <sup>A</sup>	-0,067 <sup>A</sup>	-0,063 <sup>A</sup>	-0,067 <sup>A</sup>
<b>h3<sub>A</sub></b>	-44,324 <sup>A</sup>	-74,070 <sup>A</sup>	-47,178 <sup>A</sup>	-76,965 <sup>A</sup>	-46,705 <sup>A</sup>
<b>E1<sub>A</sub></b>	4,575 <sup>E</sup>				
<b>E2<sub>A</sub></b>		5,062 <sup>E</sup>			
<b>E2<sub>A0</sub></b>			-83,193 <sup>B</sup>		
<b>E3<sub>A</sub></b>				-25,206 <sup>E</sup>	
<b>E3<sub>A0</sub></b>					-18,880 <sup>E</sup>
<b>N</b>	303.657	71.821	303.657	71.821	303.657
<b>R<sup>2</sup></b>	0,4169	0,4199	0,4169	0,4199	0,4169

<sup>A</sup> p<0.0001 <sup>B</sup> p<0.004 <sup>C</sup> p<0.008 <sup>D</sup> p<0.01 <sup>E</sup> Não significativo

<sup>F</sup>DEP<sub>AA</sub>, DEP<sub>PP</sub>, DEP<sub>MM</sub>, DEP<sub>AP</sub>, DEP<sub>AM</sub>, DEP<sub>PM</sub>, h1<sub>A</sub>, h2<sub>A</sub>, h3<sub>A</sub>, E1<sub>A</sub>, E2<sub>A</sub> e E3<sub>A</sub> são as covariáveis: quadrado das DEP's dos animais, pais e mães, interações das DEP's entre animais e pais, animais e mães e, pais e mães, as heterozigotes 1, 2 e 3 e, as epistazigotes 1, 2 e 3, respectivamente.