

## Ajustamento para Heterogeneidade de Variância para Produção de Leite entre Rebanhos da Raça Holandesa no Brasil

Robledo de Almeida Torres<sup>1</sup>, José Aurélio Garcia Bergmann<sup>2</sup>, Claudio Nápolis Costa<sup>3</sup>, Carmen Silva Pereira<sup>2</sup>, José Valente<sup>3</sup>, Vânia Maldini Penna<sup>2</sup>, Rodolpho de Almeida Torres Filho<sup>4</sup>

**RESUMO** - Dados de 36.755 primeiras lactações de vacas holandesas, filhas de 866 reprodutores, distribuídas em diferentes estados no período de 1980 a 1993, foram estratificados em rebanhos de acordo com o desvio-padrão fenotípico da produção de leite ajustada para idade adulta, em três níveis: baixo (11.713 lactações), médio (12.764 lactações) e alto (12.278 lactações). A produção total de leite ajustada para idade adulta e ajustada para idade adulta e 305 dias de lactação, dentro de cada classe, e as transformações logaritmo na base  $10$ , raiz quadrada, padronização e divisão pelo desvio-padrão fenotípico da classe foram analisadas. As médias de produção de leite e os componentes de variância genética, residual e fenotípica elevaram-se com o aumento do desvio-padrão médio da classe. As herdabilidades não tiveram o mesmo comportamento, sendo que as herdabilidades da classe com alto desvio-padrão foram semelhantes às da classe com baixo desvio-padrão, e ambas foram menores que as da classe com médio desvio-padrão, embora o componente de variância genética aditiva tenha sido maior. As transformações usadas não corrigiram a heterogeneidade de variância existente entre as classes. As herdabilidades das características não transformadas variaram de 0,25 a 0,35.

Palavras-chave: bovino de leite, correlação genética, heterogeneidade de variância, parâmetros genéticos, produção de leite

## Adjustment for Heterogeneity of Variance for Milk Yield among Herds of Holstein Cattle in Brazil

**ABSTRACT** - Data of 36,755 first lactation of Holstein cows, daughters of 866 sires, distributed in different states from 1980 to 1993, were stratified in herds according to the phenotypic standard deviation of the milk yield adjusted for adult age, in three levels: low (11,713 lactations), medium (12,764 lactations) and high (12,278 lactations). The total milk production adjusted for adult age and adjusted for adult age and for 305 days of lactation, within each class, and the base  $10$  logarithm transformations, square root, standardization and the division by class phenotypic standard deviation were analyzed. The averages of milk yield, the genetic, residual, and phenotypic variance components increased with the increase of the class mean standard deviation. The heritability did not have the same behavior, the heritability estimates of the traits of the class with high standard deviation were similar to the heritability of traits of class with low standard deviation, and both were smaller than the class with medium standard deviation, although the component of additive genetic variance has been higher. The used transformations did not correct the existing heterogeneity of variance among the classes. The heritabilities of the unchanged characteristics varied from .25 to .35.

Key Words: dairy cows, genetic correlation, variance heterogeneity, genetic parameters, milk yield

### Introdução

As diferenças entre os rebanhos na variabilidade da produção, geralmente, têm sido atribuídas às diferenças nos fatores climáticos locais ou regionais e nos tipos de manejo do rebanho, este último incluindo fatores como intensidade e quantidade de alimentação de acordo com a produção, o estado sanitário do rebanho e a qualidade dos animais de reposição. Entretanto, o reconhecimento das diferenças em herdabilidade, de acordo com as médias de rebanhos, indicaria também o envolvimento de efeitos genéticos na heterogeneidade de variância observada dentro de

rebanhos. Maiores estimativas de herdabilidade em rebanhos com maiores médias de produção freqüentemente têm sido apresentadas, possivelmente como resultado do melhor ambiente, obtidas pela mais completa expressão do verdadeiro potencial genético.

A heterogeneidade de variância genética e residual para características de produção de gado de leite é amplamente documentada (HILL et al., 1983; LOFGREN et al., 1985; MIRANDE e VAN VLECK, 1985; DE VEER e VAN VLECK, 1987; WINKELMAN e SCHAEFFER, 1988; FAMULA 1989; BOLDMAN e FREEMAN, 1990; e DONG e MAO, 1990). A maioria destes estudos mostra mai-

<sup>1</sup>Professor da UFV.

<sup>2</sup>Professor da UFMG.

<sup>3</sup>Pesquisador da EMBRAPA.

<sup>4</sup>Bolsista de Iniciação Científica UFV.

ores variâncias genéticas e ambiental, à medida que média de produção de leite do rebanho aumenta. Tendências foram similares em rebanhos diferindo por variabilidade de produções dentro de rebanho (HILL et al., 1983; LOFGREN et al., 1985). Com poucas exceções (LEGATES 1962 e LOFGREN et al., 1985), a herdabilidade da produção de leite aumentou com a média e variância da produção de rebanhos em diferentes ambientes (BOLDMAN e FREEMAN, 1990; DE VEER e VAN VLECK, 1987; DONG e MAO, 1990; HILL et al., 1983; e MIRANDE e VAN VLECK 1985).

A maioria dos estudos pesquisando variâncias heterogêneas considerou rebanhos classificados pela média de produção de leite. FAMULA (1989) reportou que estratificar rebanhos por média de produção foi análogo a selecionar por médias de rebanho, o que poderia resultar em estimativas viesadas de variâncias genética e residual. Estimativas da correlação entre média e variância de rebanho têm sido menores que 0,50, de acordo com BROTHERSTONE e HILL (1986), indicando que a produção de leite média não seria bom indicativo da variação dentro de rebanho.

A transformação logarítmica tem sido aplicada a dados de lactação para corrigir a dependência entre média e variância (EVERETT e KEOWN, 1984). Variâncias genéticas foram estabilizadas pela transformação logarítmica (DE VEER e VAN VLECK, 1987; EVERETT e KEOWN, 1984), mas as variâncias residuais resultantes foram maiores para rebanhos com menores variâncias residuais na escala não transformada (BOLDMAN e FREEMAN, 1990; DE VEER e VAN VLECK, 1987; e MIRANDE e VAN VLECK, 1985). HILL et al. (1983) reportaram algo similar em rebanhos Holandês classificados pela média da produção. Entretanto, quando o mesmo conjunto de dados foi classificado por variância dentro de rebanho em vez de média da produção (HILL et al. 1983), as variâncias genética e ambiental foram maiores para os rebanhos mais variáveis em ambas escalas, original e transformada.

SHORT et al. (1990), trabalhando com lactações de 299.441 filhas de 2.489 touros da raça holandesa, que pariram pela primeira vez no período de 1970 a 1985 na Califórnia, Nova York e Texas, estratificados em rebanhos de acordo com desvio-padrão fenotípico da produção de leite ajustada para idade adulta, em três níveis, baixo, médio e alto, observaram que os componentes de variância de reprodutor e residual aumentaram com o aumento do desvio-padrão fenotípico. As herdabilidades para produção de leite

na primeira lactação foram 0,15; 0,26; e 0,23 para as classes de desvio-padrão, baixo, médio e alto, respectivamente. Os componentes de variância dos dados transformados para logaritmos permaneceram maiores nos rebanhos mais variáveis. A variação fenotípica heterogênea para produção de leite foi atribuída a componentes genéticos e de ambiente.

CANAVESI et al. (1993) trabalharam com duas amostras de dados de produção de leite, cada uma próximo a um milhão, formadas por rebanhos retirados aleatoriamente do conjunto de dados usados para avaliações genéticas da raça Holandesa na Itália, em que rebanhos com menos de 10 observações por ano foram excluídos. Em cada amostra, quatro métodos de ajustamento para variância heterogênea de rebanho foram usados antes de se calcularem avaliações genéticas usando modelo animal, utilizando (1) transformação logarítmica, (2) transformação raiz quadrada, (3) razão de variância para média de rebanho e (4) razão de variância para desvio-padrão do rebanho. As correlações entre os índices genéticos calculados de dados não ajustados com os de dados ajustados pelos quatro métodos foram de 0,98 a 0,99 para touros e vacas.

No Brasil, RAMOS et al. (1996) avaliaram a heterogeneidade de variância das características de produção de bovinos da raça Holandesa estratificando os dados por nível de produção do rebanho. Os dados originais e transformados para logaritmo decimal e raiz quadrada foram analisados. Os modelos incluíram os efeitos de rebanho, touro dentro de rebanho, vaca dentro de touro versus rebanho, ano e estação de parto e o efeito linear e quadrático de idade da vaca. Não se observaram diferenças entre os dados originais e transformados dentro de cada segmento estratificado, porém as estimativas de herdabilidade foram inferiores para o estrato médio quando comparado aos estratos baixo e alto.

VALENCIA et al. (1996) estratificaram os dados de lactação das vacas em três níveis (baixo, médio, alto), por meio de análise de agrupamento, e verificaram o efeito das transformações logarítmicas e da raiz quadrada sobre as heterogeneidades de variância e sobre as estimativas de parâmetros genéticos obtidas por quadrados-mínimos. Foram utilizadas 7145 lactações, controladas em 79 rebanhos dos Estados de São Paulo e Paraná, no período de 1980 a 1993, e provenientes de filhas de 145 touros. Para análise dos dados esses autores utilizaram previamente um modelo para ajuste dos efeitos fixos. Os dados ajustados foram estratificados em função das médias de produção das vacas nos níveis baixo,

médio e alto. Finalmente, ajustaram modelos dentro de cada estrato para determinação dos componentes de variância genéticos e residual, verificando que as herdabilidades para as produções de leite e gordura e a porcentagem de gordura do leite não foram homogêneas entre as vacas de diferentes níveis e que as transformações dos dados não estabilizaram os componentes de variância de touros, vacas e do resíduo.

O objetivo deste trabalho foi testar alguns tipos de transformações de dados, para corrigir a heterogeneidade de variância entre rebanhos da raça holandesa no Brasil.

### Material e Métodos

Com o propósito de investigar a heterogeneidade de variância entre ambientes de rebanho, 109.200 dados de produção total ajustada para idade adulta de ordem de parto de um a cinco foram usados para estimar desvios-padrão fenotípico para classe rebanho-ano (DPRA), para produção total de leite ajustada para idade adulta. Requereu-se que as classes rebanho-ano tivessem no mínimo 10 observações para minimizar variâncias de amostragem. Existiam 771 rebanhos, com classe de ano entre 1 e 14, resultando em 3106 classes rebanho-ano com média dos desvios-padrão fenotípicos de 1489 kg de leite. O desvio-padrão de cada rebanho foi usado para classificá-los em três classes de desvio-padrão fenotípico: baixo (< 1427 kg), médio (de 1427 kg a 1625 kg) e alto (> 1625 kg).

Após definidas as classes de desvio-padrão fenotípico, os dados incluindo apenas as primeiras lactações de vacas com produções entre 1980 e 1993 foram selecionadas. Edições adicionais nos dados exigiram no mínimo três observações por classe rebanho-ano e, no mínimo, três filhas por reprodutor em dois diferentes rebanhos. Estas edições resultaram em número diferente de reprodutores em cada classe de desvio-padrão fenotípico. Número de observações para rebanhos, rebanho-ano, reprodutores e outras estatísticas relacionadas à distribuição dos dados para cada classe de desvio-padrão fenotípico são apresentados na Tabela 1.

As observações da produção total de leite na primeira lactação ajustada para idade adulta ou ajustada para idade adulta e 305 dias de duração de lactação, dentro de cada classe de desvio-padrão fenotípico, foram descritas pelo seguinte modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + h_i + g_j + a_{ijk} + e_{ijk}$$

em que

$Y_{ijk}$  = é produção total de leite na primeira lactação ajustada para idade adulta ou ajustada para idade adulta e para 305 dias de lactação;

$\mu$  = média geral;

$h_i$  = é o efeito fixo da classe rebanho-ano  $i$ ;

$g_j$  = é o efeito fixo do grupo genético  $j$ , 1 = Holandês Puro de Origem, 2 = Grau de Sangue igual ou superior a 31/32 de Holandês;

$a_{ijk}$  = é o efeito aleatório associado ao valor

Tabela 1 - Número de observações para rebanho-ano, rebanhos, reprodutores, lactações e produção total de leite ajustada e não-ajustada para idade adulta, para a primeira lactação, de acordo com a classe de desvio-padrão fenotípico de rebanhos

Table 1 - Number of observations per herd-year, herds, sires, lactations and total milk production adjusted and not adjusted for adult age, for the first lactation, according to the herd phenotypic standard deviation class

Item	Classe de desvio-padrão dentro de rebanho			Total
	Herd standard deviation class			
	Baixo <i>Low</i>	Médio <i>Medium</i>	Alto <i>High</i>	
Rebanho-ano <i>Herd-year</i>	1.083	925	812	2820
Rebanhos <i>Herds</i>	313	171	234	718
Reprodutores <i>Sires</i>	689	692	701	866
Lactações <i>Lactations</i>	11.713	12.764	12.278	36.755
Produção total de leite (kg) <i>Total milk production</i>				
Ajustada para idade adulta <i>Adjusted for adult age</i>	5827	6831	7289	6664
Não ajustada <i>Not adjusted</i>	4906	5707	6076	5575

genético aditivo direto da vaca  $k$ , com média 0 e variância  $\sigma_a^2$ ; e

$e_{ijk}$  = é o efeito aleatório residual associado a observação da vaca  $k$ , do grupo genético  $j$  observado no rebanho-ano  $i$ , com média 0 e variância  $\sigma_e^2$ .

Todas as observações para as características produção total de leite ajustada para idade adulta e ajustada para idade adulta e para 305 dias de lactação, foram transformadas de acordo com as seguintes funções:

- Logaritmo na base 10;
- Raiz quadrada;
- (observação-média da classe)/desvio-padrão fenotípico da classe; e
- Observação/desvio-padrão fenotípico da classe.

As análises foram realizadas por intermédio do programa MTDFREML, usando modelo animal e o método da máxima verosimilhança restrita (BOLDMAN et al. 1995).

### Resultados e Discussão

As médias das características produção total de leite, na primeira lactação ajustada para idade adulta, e produção total de leite na primeira lactação ajustada para idade adulta e para 305 dias de lactação, bem como suas transformações para logaritmo na base 10, raiz quadrada, padronização e divisão pelo desvio-padrão fenotípico da classe, e as soluções para grupo genético para cada classe são apresentadas nas Tabelas 2 e 3. As médias da produção de leite foram maiores na classe de desvio-padrão alto, intermediárias na classe de desvio-padrão médio e menores na classe de desvio-padrão baixo. A correlação entre desvio-padrão fenotípico e média de produção de leite dentro de rebanho foi de 0,60.

Quando as produções foram ajustadas para 305 dias de lactação, as diferenças entre grupos genéticos diminuíram. Como a duração da lactação influi na produção total de leite, e o grupo genético Holandês puro de origem apresentou maiores durações da lactação, 311,1; 319,3; e 323,8 dias, em relação ao grupo genético de grau de sangue igual ou superior a 31/32 Holandês, 304,6; 309,7; e 308,7 dias, respectivamente, para as classes de baixo, médio e alto desvio-padrão fenotípico, o ajustamento para 305 dias de lactação reduziu as produções do grupo genético Holandês puro de origem de forma mais acentuada que do grupo genético de grau de sangue igual ou superior a 31/32, que apresentaram duração de lactação média mais próxima a 305 dias. As diferenças em duração de lactação aumentaram com

as classes de desvio-padrão fenotípico, ou seja, 6,5; 9,6; e 15,1 dias, respectivamente, para as classes de baixo, médio e alto desvio-padrão fenotípico.

Na classe de desvio-padrão baixo, as soluções para o grupo genético Holandês puro de origem foram maiores para a característica produção total de leite ajustada para idade adulta, mas, quando esta característica foi também ajustada para 305 dias de lactação, as diferenças praticamente desapareceram, com ligeira vantagem para o grupo genético de grau de sangue igual ou superior a 31/32 Holandês. Nas classes de desvio-padrão médio e alto, o grupo genético puro de origem apresentou os melhores resultados para todas as características. No geral, observa-se que a diferença entre os grupos genéticos aumentou com o nível de produção do rebanho, sendo que esta diferença foi bastante acentuada na classe de desvio-padrão fenotípico alto. É provável que isto tenha ocorrido devido ao melhor ambiente e à oportunidade que os animais desta classe tiveram para expressarem melhor seu potencial genético.

Os componentes de variância genética aditiva, residual e fenotípica, bem como as herdabilidades e erros-padrão, são apresentados nas Tabelas 4 e 5. De maneira geral, pode-se observar que os componentes de variância genética aditiva aumentaram com o aumento do desvio-padrão médio da classe, ou seja, da classe de baixo desvio-padrão para a de alto desvio-padrão. As herdabilidades não tiveram o mesmo comportamento, sendo que as herdabilidades da classe de alto desvio-padrão foram semelhantes às da classe de baixo desvio-padrão, que foram menores que as de médio desvio-padrão. Isto ocorreu em razão de o aumento da variância residual ter sido proporcionalmente maior que o aumento na variância genética aditiva, da classe de médio para a de alto desvio-padrão fenotípico.

Os aumentos foram de 57,5 e 60,6% para variância residual e de 41,3 e 24,1% para variância genética aditiva, respectivamente, para as características produção total de leite na primeira lactação ajustada para idade adulta e produção total de leite na primeira lactação ajustada para idade adulta e para 305 dias de lactação, da classe de médio para a de alto desvio-padrão fenotípico.

Vários trabalhos têm mostrado que maiores variâncias genéticas e residuais, à medida que a média da produção de leite do rebanho aumenta (BOLDMAN e FREEMAN, 1990; DE VEER e VAN VLECK, 1987; DONG e MAO, 1990; HILL et al., 1983; e MIRANDE e VAN VLECK, 1985).

Tabela 2 - Médias, desvio-padrão (DP), coeficiente de variação (CV) e soluções para grupo genético<sup>1</sup> para a característica produção total de leite na primeira lactação ajustada para idade adulta nas classes de baixo, médio e alto desvio-padrão fenotípicoTable 2 - Means, standard deviation (SD) coefficient of variation and solutions for genetic group<sup>1</sup> for total milk production in the first lactation adjusted for adult age in the low, medium and high phenotypic standard deviation class

Produção total de leite ajustada para idade adulta <i>Total milk production adjusted for adult age</i>	Média observada <i>Observed mean</i>	DP <i>SD</i>	CV	Grupo genético <sup>1</sup> <i>Genetic group</i>	
				GG 1	GG 2
<i>Classe de desvio-padrão fenotípico baixo</i> <i>Low phenotypic standard deviation class</i>					
Escala original <i>Original scale</i>	5826,66	1850,38	31,76	75,09	0,00
Logaritmo na base 10 <i>Base 10 logarithm</i>	3,74	0,15	3,99	0,01	0,00
Raiz quadrada <i>Square root</i>	75,33	12,32	16,35	0,52	0,00
Padronizada <i>Standardized</i>	0,00	1,44	-	0,06	0,00
Dividida pelo desvio-padrão da classe <i>Class standard deviation ratio</i>	4,53	1,44	31,76	0,06	0,00
<i>Classe de desvio-padrão fenotípico médio</i> <i>Medium phenotypic standard deviation class</i>					
Escala original <i>Original scale</i>	6830,98	1951,09	28,56	109,03	0,00
Logaritmo na base 10 <i>Base 10 logarithm</i>	3,82	0,14	3,54	0,01	0,00
Raiz quadrada <i>Square root</i>	81,77	12,06	14,75	0,68	0,00
Padronizada <i>Standardized</i>	0,00	1,29	-	0,07	0,00
Dividida pelo desvio-padrão da classe <i>Class standard deviation ratio</i>	4,51	1,29	28,56	0,07	0,00
<i>Classe de desvio-padrão fenotípico alto</i> <i>High phenotypic standard deviation class</i>					
Escala original <i>Original scale</i>	7288,61	2335,68	32,05	0,00	-369,03
Logaritmo na base 10 <i>Base 10 logarithm</i>	3,84	0,15	4,00	0,00	-0,03
Raiz quadrada <i>Square root</i>	84,21	14,03	16,66	0,00	-2,28
Padronizada <i>Standardized</i>	0,00	1,25	-	0,00	-0,20
Dividida pelo desvio-padrão da classe <i>Class standard deviation ratio</i>	3,89	1,25	32,05	0,00	-0,20

<sup>1</sup> GG: 1- Puro de origem, 2- grau de sangue igual ou superior a 31/32.<sup>1</sup> GG: 1- PO Holstein, 2- at least equal or superior to 31/32 Holstein.

Entretanto, as tendências foram similares em rebanhos diferindo por variabilidade de produções dentro de rebanho (HILL et al., 1983; LOFGREN et al., 1985). Com poucas exceções (LEGATES 1962 e LOFGREN et al., 1985), a herdabilidade da produção de leite aumentou com o aumento da média e da variância da produção de rebanhos em diferentes ambientes (BOLDMAN e FREEMAN, 1990; DE VEER e VAN VLECK, 1987; DONG e MAO, 1990; HILL et al., 1983; MIRANDE e VAN VLECK, 1985).

No Brasil, RAMOS et al. (1996) e VALÊNCIA et al. (1996) também verificaram que as herdabilidades para produção de leite não foram homogêneas entre vacas de diferentes níveis de produção.

As transformações utilizadas não eliminaram, completamente, a heterogeneidade de variância observada entre os rebanhos pertencentes às diferentes classes de desvio-padrão fenotípico. A padronização fez com que todos as classes tivessem médias zero (Tabelas 2 e 3) e variância fenotípica 1 (Tabelas 4 e 5),

Tabela 3 - Médias, desvio-padrão (DP), coeficiente de variação (CV) e soluções para grupo genético<sup>1</sup> para a característica produção total de leite na primeira lactação ajustada para idade adulta e para 305 dias de lactação, nas classes de baixo, médio e alto desvio-padrão fenotípico

Table 3 - Means, standard deviation (SD), coefficient of variation and solutions for genetic group<sup>1</sup> for total milk production in the first lactation adjusted for adult age and for 305 days of lactation in the low, medium and high phenotypic standard deviation class

Produção total de leite ajustada para idade adulta e 305 dias de lactação <i>Total milk production adjusted for adult age and 305 days of lactation</i>	Média observada <i>Observed mean</i>	DP <i>SD</i>	CV	Grupo genético <sup>1</sup> <i>Genetic group</i>	
				GG 1	GG 2
<i>Classe de desvio-padrão fenotípico baixo</i> <i>Low phenotypic standard deviation class</i>					
Escala original <i>Original scale</i>	5766,35	1448,06	25,11	-9,08	0,00
Logaritmo na base 10 <i>Base 10 logarithm</i>	3,75	0,11	3,02	0,00	0,00
Raiz quadrada <i>Square root</i>	75,33	9,59	12,73	-0,02	0,00
Padronizada <i>Standardized</i>	0,00	1,62	-	-0,01	0,00
Dividida pelo desvio-padrão da classe <i>Class standard deviation ratio</i>	6,46	1,62	25,11	-0,01	0,00
<i>Classe de desvio-padrão fenotípico médio</i> <i>Medium phenotypic standard deviation class</i>					
Escala original <i>Original scale</i>	6640,79	1513,16	22,79	15,61	0,00
Logaritmo na base 10 <i>Base 10 logarithm</i>	3,81	0,10	2,69	0,00	0,00
Raiz quadrada <i>Square root</i>	80,95	9,34	11,54	0,09	0,00
Padronizada <i>Standardized</i>	0,00	1,43	-	0,02	0,00
Dividida pelo desvio-padrão da classe <i>Class standard deviation ratio</i>	6,27	1,43	22,79	0,02	0,00
<i>Classe de desvio-padrão fenotípico alto</i> <i>High phenotypic standard deviation class</i>					
Escala original <i>Original scale</i>	6988,04	1689,96	24,18	0,00	-170,44
Logaritmo na base 10 <i>Base 10 logarithm</i>	3,83	0,11	2,90	0,00	-0,01
Raiz quadrada <i>Square root</i>	82,96	10,26	12,37	0,00	-1,06
Padronizada <i>Standardized</i>	0,00	1,31	-	0,00	-0,13
Dividida pelo desvio-padrão da classe <i>Class standard deviation ratio</i>	5,43	1,31	24,18	0,00	-0,13

<sup>1</sup> GG: 1- Puro de origem, 2 - grau de sangue igual ou superior a 31/32.

<sup>1</sup> GG: 1- PO Holstein, 2 - at least equal or superior to 31/32 Holstein.

mas as diferenças em variância genética aditiva permaneceram. O mesmo ocorreu com a divisão pelo desvio-padrão fenotípico, que fez com que as três classes tivessem variância fenotípica 1 (Tabelas 4 e 5), mas com médias diferentes.

Transformações logarítmicas são frequentemente usadas para tentar melhorar a homogeneidade de variância, mas análises prévias têm demonstrado (HILL et al., 1983; LOFGREN et al., 1984) que existem diferenças remanescentes na variabilidade entre os rebanhos que não são consideradas. A maioria dos estudos de variância heterogênea foi

feita com rebanhos classificados pela produção média de leite. Variâncias genéticas foram estabilizadas pela transformação logarítmica (DE VEER e VAN VLECK, 1987; EVERETT e KEOWN, 1984), mas as variâncias residuais resultantes foram maiores para rebanhos com menores variâncias residuais na escala não transformada (BOLDMAN e FREEMAN, 1990; DE VEER e VAN VLECK, 1987; e MIRANDE e VAN VLECK, 1985).

HILL et al. (1983) reportaram algo similar em rebanhos classificados pela produção média de leite. Entretanto, quando o mesmo conjunto de dados foi

Tabela 4 - Componentes de variância genética aditiva ( $\sigma_a^2$ ), residual ( $\sigma_e^2$ ) e fenotípica ( $\sigma_p^2$ ), e estimativas de herdabilidades e erros-padrão (EP) da característica produção total de leite na primeira lactação ajustada para idade adulta, nas classes de baixo, médio e alto desvio-padrão fenotípico

Table 4 - Additive genetic ( $\sigma_a^2$ ), residual ( $\sigma_e^2$ ) and phenotypic ( $\sigma_p^2$ ) variance components, and heritability estimates and standard errors (SE) of total milk production in the first lactation adjusted for adult age, in the low, medium and high phenotypic standard deviation class

Produção total de leite ajustada para idade adulta <i>Total milk production adjusted for adult age</i>	$\sigma_a^2$	$\sigma_e^2$	$\sigma_p^2$	$h^2$	Erro-padrão de $h^2$ <i>Standard error</i>
Classe de desvio-padrão fenotípico baixo <i>Low phenotypic standard deviation class</i>					
Escala original <i>Original scale</i>	411.565,557	1241.056,975	1652.622,532	0,249	0,028
Logaritmo na base <sub>10</sub> <i>Base<sub>10</sub> logarithm</i>	0,004	0,007	0,011	0,360	0,033
Raiz quadrada <i>Square root</i>	21,481	52,447	73,928	0,291	0,030
Padronizada <i>Standardized</i>	0,249	0,751	1,000	0,249	0,028
Dividida pelo desvio-padrão da classe <i>Class standard deviation ratio</i>	0,249	0,751	1,000	0,249	0,028
Classe de desvio-padrão fenotípico médio <i>Medium phenotypic standard deviation class</i>					
Escala original <i>Original scale</i>	653.900,588	1645.702,911	2299.603,499	0,284	0,027
Logaritmo na base <sub>10</sub> <i>Base<sub>10</sub> logarithm</i>	0,004	0,008	0,011	0,335	0,029
Raiz quadrada <i>Square root</i>	27,208	61,828	89,035	0,306	0,028
Padronizada <i>Standardized</i>	0,284	0,716	1,000	0,284	0,027
Dividida pelo desvio-padrão da classe <i>Class standard deviation ratio</i>	0,284	0,716	1,000	0,284	0,027
Classe de desvio-padrão fenotípico alto <i>High phenotypic standard deviation class</i>					
Escala original <i>Original scale</i>	924.077,407	2592.645,463	3516.722,869	0,263	0,030
Logaritmo na base <sub>10</sub> <i>Base<sub>10</sub> logarithm</i>	0,006	0,010	0,016	0,354	0,035
Raiz quadrada <i>Square root</i>	38,523	90,186	128,709	0,299	0,032
Padronizada <i>Standardized</i>	0,263	0,737	1,000	0,263	0,030
Dividida pelo desvio-padrão da classe <i>Class standard deviation ratio</i>	0,263	0,737	1,000	0,263	0,030

classificado pela variância dentro de rebanho, em vez da média de produção, as variâncias genética e ambiental foram maiores para rebanhos mais variáveis em ambas escalas (original e transformada), semelhante aos resultados obtidos no presente trabalho, em que as variâncias genéticas e residuais foram maiores para os rebanhos mais variáveis tanto na escala original quanto transformada.

Como pode ser observado nas tabelas apresentadas, as classes de maior desvio-padrão dentro de rebanho são as que apresentaram maiores médias e maiores variâncias genética aditiva.

As estimativas de herdabilidade das características não transformadas estão entre 0,249 e 0,352, sendo que os maiores valores foram para a classe de rebanhos de desvio-padrão intermediário. As transformações logarítmicas e raiz quadrada proporcionalmente reduziram mais a variância residual que a variância genética aditiva, resultando em valores mais altos de herdabilidade que na escala original. Entretanto, as transformações logarítmica e raiz quadrada produziram coeficientes de variação menores (Tabelas 2 e 3) e estimativas de herdabilidades mais próximas entre as três classes de desvio-padrão,

Tabela 5 - Componentes de variância genética aditiva ( $\sigma_a^2$ ), residual ( $\sigma_e^2$ ) e fenotípica ( $\sigma_p^2$ ), e estimativas de herdabilidades e erros-padrão (E.P.) da característica produção total de leite na primeira lactação ajustada para idade adulta e para 305 dias de lactação, nas classes de baixo, médio e alto desvio-padrão fenotípico

Table 5 - Addictive genetic ( $\sigma_a^2$ ), residual ( $\sigma_e^2$ ) and phenotypic ( $\sigma_p^2$ ) variance components, and heritability estimates and standard errors (E.P.) of total milk production in the first lactation adjusted for adult age and for 305 days of lactation length, in the low, medium and high phenotypic standard deviation class

Produção total de leite ajustada para idade adulta e 305 dias de idade <i>Total milk production adjusted for adult age and 305 dasys of lactation</i>	$\sigma_a^2$	$\sigma_e^2$	$\sigma_p^2$	$h^2$	Erro-padrão de $h^2$ <i>Standard error</i>
	Classe de desvio-padrão fenotípico baixo <i>Low phenotypic standard deviation class</i>				
Escala original <i>Original scale</i>	217.731,829	578.850,614	796.582,443	0,273	0,028
Logaritmo na base <sub>10</sub> <i>Base<sub>10</sub> logarithm</i>	0,002	0,003	0,005	0,344	0,031
Raiz quadrada <i>Square root</i>	10,502	24,121	34,623	0,303	0,030
Padronizada <i>Standardized</i>	0,273	0,727	1,000	0,273	0,028
Dividida pelo desvio-padrão da classe <i>Class standard deviation ratio</i>	0,273	0,727	1,000	0,273	0,028
	Classe de desvio-padrão fenotípico médio <i>Medium phenotypic standard deviation class</i>				
Escala original <i>Original scale</i>	394.995,553	727.592,235	1122.587,788	0,352	0,027
Logaritmo na base <sub>10</sub> <i>Base<sub>10</sub> logarithm</i>	0,002	0,003	0,005	0,401	0,029
Raiz quadrada <i>Square root</i>	15,968	27,134	43,102	0,370	0,028
Padronizada <i>Standardized</i>	0,352	0,648	1,000	0,352	0,027
Dividida pelo desvio-padrão da classe <i>Class standard deviation ratio</i>	0,352	0,648	1,000	0,352	0,027
	Classe de desvio-padrão fenotípico alto <i>High phenotypic standard deviation class</i>				
Escala original <i>Original scale</i>	490.043,242	1168.428,553	1658.471,795	0,295	0,031
Logaritmo na base 10 <i>Base<sub>10</sub> logarithm</i>	0,003	0,005	0,007	0,361	0,034
Raiz quadrada <i>Square root</i>	19,783	41,499	61,282	0,323	0,033
Padronizada <i>Standardized</i>	0,295	0,705	1,000	0,295	0,031
Dividida pelo desvio-padrão da classe <i>Class standard deviation ratio</i>	0,295	0,705	1,000	0,295	0,031

apesar das diferenças entre as variâncias genéticas e residuais. Já as observações na escala dividida pelo desvio-padrão médio da classe produziram herdabilidades e coeficientes de variação foram semelhantes aos obtidos para as características nas escalas originais. As observações na escala padronizada produziram herdabilidades semelhantes às obtidas para as características nas escalas originais. VALÊNCIA et al. (1996), no Brasil, trabalhando

com lactações de vacas em três níveis de produção (baixo, médio, alto), verificaram que as herdabilidades para produções de leite e gordura não foram homogêneas entre as vacas de diferentes níveis e que as transformações logarítmica e raiz quadrada dos dados não estabilizaram os componentes de variância de touros, vacas e do resíduo.

A transformação de dados é a forma computacional mais simples de lidar com variâncias heterogêneas, mas a transformação de dados isoladamente pode

não estabilizar efetivamente as variâncias, conforme verificado neste estudo. Entre as transformações pesquisadas para o presente conjunto de dados, as transformações logarítmica e raiz quadrada foram as que proporcionaram melhor resultado, no sentido de maior uniformidade entre as estimativas de herdabilidade para as três classes de desvio-padrão fenotípico.

Estudos de simulação de GARRICK e VAN VLECK (1987) indicaram que o progresso genético em população de gado de leite poderia ser significativamente reduzido se variâncias para dados transformados para logaritmo fossem assumidas homogêneas entre todos os níveis de produção. O uso de transformação simples para estabilizar ambas variâncias genética e residual seria abordagem muito simplista para lidar com variâncias heterogêneas.

### Conclusões

As médias e os componentes de variância genéticos, residuais e fenotípicos elevaram-se com o aumento do desvio-padrão médio da classe. As herdabilidades não tiveram o mesmo comportamento, sendo que as herdabilidades da classe alto desvio-padrão foram semelhantes às da classe baixo desvio-padrão, que foram menores que as da classe médio desvio-padrão. As transformações utilizadas não eliminaram, completamente, a heterogeneidade de variância existente entre as classes.

### Referências Bibliográficas

- BOLDMAN, K. G., FREEMAN, A. E. 1990. Adjustment for heterogeneity of variances by herd production level in dairy cow and sire evaluation. *J. Dairy Sci.*, 73(2):503-512.
- BOLDMAN, K. G., KRIESE, L. A., VAN VLECK, L. D. et al. 1995. A manual for use of MTDFREML; a set of programs to obtain estimates of variances and covariances (DRAFT). Lincoln, Department of Agriculture/Agricultural Research Service, 120p.
- BROTHERSTONE, S., HILL, W. G. 1986. Heterogeneity of variance amongst herds for milk production. *Anim. Prod.*, 42(3):297-303.
- CANAVESI, F., JANSEN, G. B., ROZZI, P. 1993. Adjustment for heterogeneity of variance in the calculation of genetic indices in italian friesian cattle. *Zootec. Nutr. Anim.*, 19(3):161-167.
- DE VEER, J. C., VAN VLECK, L. D. 1987. Genetics parameters for first lactation milk yields at three levels of herd production. *J. Dairy Sci.*, 70(7):1434-1441.
- DONG, M. C., MAO, I. L. 1990. Heterogeneity of (co)variance and heritability in different levels of intra-herd milk production variance and of herd average. *J. Dairy Sci.*, 73(3):843-851.
- EVERETT, R. W., KEOWN, J. F. 1984. Mixed model sire evaluation with dairy cattle - Experience and genetic gain. *J. Anim. Sci.*, 59(2):529-541.
- FAMULA, T. R. 1989. Detection of heterogeneous variance in herd production groups. *J. Dairy Sci.*, 72(3):715-721.
- GARRICK, D. J., VAN VLECK, L. D. 1987. Aspects of selection for performance in several environments with heterogeneous variances. *J. Anim. Sci.*, 65(2):409-421.
- HILL, W. G., EDWARDS, M. R., AHMED, M. K. A. et al. 1983. Heritability of milk yield and composition at different levels and variability of production. *Anim. Prod.*, 36(1):59-68.
- LEGATES, J. E. 1962. Heritability of fat yields in herds with different production levels. *J. Dairy Sci.*, 45(8):990-993.
- LOFGREN, D. L., VINSON, W. E., PEARSON, R. E. et al. 1984. Effect of herd mean and standard deviation on Cow Index. *J. Dairy Sci.*, Suppl., 67(1):185-186, (Abstr.).
- LOFGREN, D. L., VINSON, W. E., PEARSON, R. E. et al. 1985. Heritability of milk yield at different herd means and variance for production. *J. Dairy Sci.*, 68(10):2737-2739.
- LOFGREN, D. L., VINSON, W. E., PEARSON, R. E. et al. 1985. Adjustments to cow indexes for milk yield for effects of herd mean and standard deviation. *J. Dairy Sci.*, 68(12):3301-3311.
- MIRANDE, S. L., VAN VLECK, L. D. 1985. Trends in genetic and phenotypic variances for milk production. *J. Dairy Sci.*, 68(9):2278-2286.
- RAMOS, A. A., VALENCIA, E.F.T., WECHSLER, F.S. et al. Heterogeneidade de variância das características de produção de bovinos da raça holandesa no trópico: I. estratificação por nível de produção de rebanho. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 33, Fortaleza, Ceará. *Anais...Fortaleza*, p.71-73, 1996.
- SHORT, T. H., BLAKE, R.W., QUAAS, R.L. et al. 1990. Heterogeneous within-herd variance: 1. genetic parameters for first and second lactation milk yields of grade Holstein cows. *J. Dairy Sci.*, 73(11):3312-3320.
- VALENCIA, E.F.T., RAMOS, A. A., WECHSLER, F.S. et al. Heterogeneidade de variância das características de produção de bovinos da raça holandesa no trópico. II. Estratificação por nível de Produção de vacas. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 33, Fortaleza, Ceará. *Anais...Fortaleza*, p. 68-70, 1996.
- WINKELMAN, A., SCHAEFFER, L. R. 1988. Effect of heterogeneity of variance on dairy sire evaluation. *J. Dairy Sci.*, 71(11):3033-3039.

Recebido em:19/03/98

Aceito em:19/09/98