

Persistência na lactação - uma revisão

J. A. Cobuci¹, R. F. Euclides², C. S. Pereira², R. de Almeida Torres², C. N. Costa, P. S. Lopes²

Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, MG, Brasil.

Persistency in lactation – a review

Abstract: Persistency in lactation can be defined as the capacity of a cow to maintain her milk yield after reaching the maximum level early lactation. Several studies document the existence of genetic differences among animals for persistency in lactation. Four different approaches to measuring this trait are found in the literature, these being based in: 1) ratios between of partial, total or other yields during the lactation, 2) variation based on test-day milk yields, 3) mathematical lactation curve models and 4) breeding values obtained through random coefficients of the random regression models. However, at present the procedure most used involves random regression models in analyses that consider the test-day milk yield. Use of those models improves the accuracy of the genetic evaluations and allows to predicting the breeding value of the animals in different periods of lactation. Persistency in lactation is directly related with economical aspects of dairying, since its improvement can contribute to reduction of production costs. The economical importance of lactation persistency in lactation relates to four components: 1) health cost; 2) feed costs; 3) reproductive performance; and 4) milk production per lactation. For these reasons various studies have indicated that selection for this trait would be advantageous.

Key words: Lactation curve, Random Regression Model, Persistency in lactation, Genetic parameters, Test-day milk yield.

© 2003 ALPA. Todos los derechos reservados

Arch. Latinoam. Prod. Anim. 2003. 11(3): 163-173

Resumo: A persistência na lactação pode ser definida como a capacidade da vaca em manter sua produção de leite após atingir a produção máxima na lactação. Vários estudos têm encontrado indicativos da existência de diferenças genéticas, para persistência na lactação, entre animais. São encontrados na literatura quatro diferentes métodos de mensuração dessa característica: 1) baseado em razões entre produção de leite em diferentes fases da lactação; 2) baseado na variação da produção de leite no dia do controle, ao longo da lactação; 3) baseado em parâmetros de modelos matemáticos; e 4) baseado nos valores genéticos obtidos por meio de coeficientes aleatórios dos modelos de regressão aleatória. No entanto, atualmente, o procedimento mais utilizado baseia-se no subproduto dos modelos de regressão aleatória em análises que consideram a produção de leite no dia do controle. A utilização desses modelos melhora a acurácia das avaliações genéticas e permite prever o valor genético dos animais em diferentes períodos da lactação. A persistência na lactação está diretamente relacionada com aspectos econômicos da atividade leiteira, pois a melhoria desta persistência pode contribuir para redução de custos no sistema de produção. Do ponto de vista econômico, a importância do estudo da persistência na lactação está fundamentada em quatro componentes: 1) custos com saúde animal; 2) custos com alimentação; 3) desempenho reprodutivo dos animais; e 4) maior produção de leite por lactação; razões por que a seleção, para essa característica, tem sido considerada vantajosa por inúmeros estudos.

Palavras-chave: Curva de lactação, Modelos de regressão aleatória, Persistência na lactação, Parâmetros genéticos, Produção de leite no dia do controle.

Recibido Febrero 25, 2003. Aceptado Octubre 06, 20003.

¹E-mail: jcobuci@cnpgl.embrapa.br

² Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa - UFV, Viçosa, MG, Brasil.

Introdução

As metodologias de projeção da produção consideram uma curva de lactação padrão para vacas em determinado rebanho e ordem de parto. Assim, vacas que têm maiores persistências na lactação, geralmente, têm produções subestimadas, enquanto as que têm menores persistências apresentam produções superestimadas (Jamrozik e Schaeffer, 1997). Essa situação pode causar problemas na avaliação genética de touros, ao ser realizada por meio de métodos tradicionais, se a persistência na lactação for, realmente, uma característica herdável (Jamrozik e Schaeffer, 1997).

De acordo com Sölkner e Fuchs (1987), há indicadores da existência de diferenças genéticas, para persistência na lactação, entre animais, razão por que a seleção, para essa característica, pode ser vantajosa. Esta última afirmação também foi relatada nos trabalhos realizados por Bar-Anan e Ron (1985); Jamrozik *et al.* (1995); Swalve (1995a); Jamrozik *et al.* (1997); Jamrozik *et al.* (1998); e Tekerli *et al.* (2000).

A persistência na lactação é definida como a capacidade da vaca em manter sua produção de leite após atingir sua produção máxima na lactação. Maiores persistências da lactação são consideradas vantajosas por inúmeras razões, principalmente no que se refere aos aspectos econômicos (Sölkner e Fuchs, 1987; Swalve, 1995a; Gengler, 1996; Dekkers *et al.*, 1996, 1998; e Tekerli *et al.*, 2000). A importância da persistência na lactação, do ponto de vista econômico, está fundamentada em quatro diferentes componentes: 1) custos relativos à saúde dos animais; 2) desempenho reprodutivo; 3) custos com alimentação; e 4) retorno econômico obtido pelo diferencial na produção total de leite em 305 dias de lactação (Dekkers *et al.*, 1996, 1998).

Na literatura são encontrados quatro métodos de mensuração da persistência: 1) baseados em razões entre produção de leite, em diferentes fases da lactação; 2) baseados na variação da produção de leite, ao longo da lactação; 3) baseados em parâmetros de modelos matemáticos; 4) baseados nos valores genéticos obtidos por meio de coeficientes aleatórios dos modelos de regressão aleatória.

A utilização da produção de leite no dia do controle, sob o modelo de regressão aleatória, pode levar, também, a uma estimativa mais acurada dos efeitos genéticos e permanentes de ambiente que atuam sobre a persistência na lactação (Dekkers *et al.*, 1998). Todavia, o principal problema no estudo dessa característica está no fato de como expressar a forma da curva de lactação em um único termo (Sölkner e Fuchs, 1987). Assim, muitas tentativas têm objetivado encontrar a melhor maneira de expressá-

la (Ludwick e Petersen, 1943; Wood, 1967; Sölkner e Fuchs, 1987; Jamrozik *et al.*, 1997; Grossman *et al.*, 1999; Jakobsen *et al.*, 2002; Cobuci, 2002), entre outras.

Persistência na lactação

A produção de leite, ao longo da lactação, caracteriza a curva de lactação, que pode ser dividida em três fases. A primeira é ascendente e ocorre entre o parto e o pico de lactação; a segunda é relativamente constante e ocorre ao redor do pico de lactação; e, por último, a terceira fase, descendente, vai do pico de lactação ao término desta.

Segundo Madsen (1975), o conhecimento da forma da curva de lactação é importante por várias razões: 1) Nos sistemas de manejo em que o fornecimento de ração é feito com base nas produções prévias dos animais, vacas que apresentam curvas de lactação com menores declínios necessitam de menores quantidades de concentrado, do que as que têm o mesmo nível de produção e curvas com maiores declínios; 2) Altas produções de leite, no período inicial da lactação, levam a um esforço fisiológico extra por parte dos animais, causando, freqüentemente, diminuição no desempenho reprodutivo e aparecimento de doenças de origens metabólicas. No entanto, moderada produção, nesse período, combinada com maiores persistências da lactação, é preferida do que altas produções no início da lactação, aliada a rápidos declínios da produção de leite após esse período; 3) Melhor conhecimento da provável curva de lactação das vacas permite alimentação mais eficiente, pois maiores respostas à alimentação são mais facilmente detectadas quando as vacas são agrupadas de acordo com o formato esperado da curva de lactação.

São encontradas, na literatura, inúmeras definições para a persistência na lactação, dentre elas, a taxa em que a produção de leite diminui a partir da produção máxima (Sanders, 1930); o grau em que a produção de leite, na fase inicial da lactação, é mantida (Mahadevan, 1951); a habilidade da vaca em manter alta produção de leite até o final da lactação (Cupps, 1966); a dimensão em que o pico de produção é mantido (Wood, 1967); a habilidade de manter mais ou menos constante a produção de leite durante a lactação (Gengler, 1996); e o número de dias em que um nível constante de produção de leite é mantido (Grossman *et al.*, 1999).

Segundo Ludwick e Petersen (1943), a produção total de leite é função da persistência na lactação, do pico de produção de leite e da duração da lactação, sendo a persistência o principal componente da curva de lactação (Wood, 1967). De acordo com revisão de literatura realizada por Gengler (1996), esse com-

ponente da curva de lactação é, freqüentemente, denominado de persistência na lactação, ou persistência na curva de lactação, ou persistência na produção de leite ou, simplesmente, persistência. Assim, pode-se dizer que uma vaca é mais persistente do que outra, se sua curva de lactação apresentar menor declínio (Figura 1).

Dentre os fatores de ambiente que atuam sobre a persistência na lactação, os resultados de vários trabalhos têm apontado a idade da vaca no parto, a ordem de parto e a estação do parto como os de maior influência (Madsen, 1975; Lean *et al.*, 1989; Dhaka e Chaudhary, 1994; e Gengler, 1996).

Os efeitos da idade da vaca no parto e da ordem de parto sobre a persistência têm sido, na maioria dos estudos, avaliados separadamente. Em alguns trabalhos, o efeito da idade é avaliado em uma mesma ordem de parto (Sölker e Fuchs, 1987). Em grande parte dos trabalhos que envolvem esses fatores, têm-se observado que a persistência na primeira lactação é maior do que nas demais lactações (Madsen, 1975; Shanks *et al.*, 1981; Danell, 1982; Sölker e Fuchs, 1987; Gama *et al.*, 1994; Tekerli *et al.*, 2000; Cobuci *et al.*, 2001). A explicação mais comum para esse fato tem sido o baixo nível de desenvolvimento da glândula mamária de vacas primíparas (Sölker e Fuchs, 1987).

Knight e Peaker (1984), citados por Knight (1997), ao realizarem estudos sobre a glândula mamária em ruminantes, revelaram que a redução da produção de leite está mais associada ao número de células do que à diferenciação das células mamárias.

Segundo Kumar *et al.* (1999), a persistência na lactação diminui com o avançar da idade da vaca no parto, o que indica que vacas mais jovens apresentam maiores graus de persistência do que as vacas mais

velhas.

Resultados semelhantes foram relatados por Danell (1982) e Grossman *et al.* (1986), enquanto Mahadevan (1951) não encontrou efeito da idade sobre a persistência na lactação.

A persistência também pode sofrer variações sazonais, causadas, principalmente, por fatores climáticos. Observa-se, na literatura, que a maioria dos estudos tem confirmado a influência da estação do parto da vaca sobre a persistência na lactação (Madsen, 1975; Danell, 1982; Ferris *et al.*, 1985; Grossman *et al.*, 1986; Sölker e Fuchs, 1987; Kumar *et al.*, 1999; e Tekerli *et al.*, 2000).

Entretanto, outros fatores de ambiente também podem causar variações na persistência na lactação, embora em menor magnitude, como o efeito do período de serviço e da gestação (Gengler, 1996; Tekerli *et al.*, 2000; Van Der Linde *et al.*, 2000). Segundo Gengler (1996), a prenhez, durante a última fase da lactação, é capaz de influenciar a produção de leite da vaca. A influência na produção diária de leite, nessa fase, é direta e gera influência indireta sobre a persistência na lactação. A gestação acelera o declínio da produção de leite após o quinto mês; assim, vacas gestantes declinam mais rapidamente a produção de leite do que vacas secas (Fonseca, 1985).

Relação entre persistência na lactação e algumas características importantes na atividade leiteira

A relação entre persistência na lactação e produção de leite, ao longo da lactação, tem sido objeto de pesquisas há várias décadas (Sanders, 1930; Johanson e Hansson, 1940; Ludwick e Petersen, 1943;

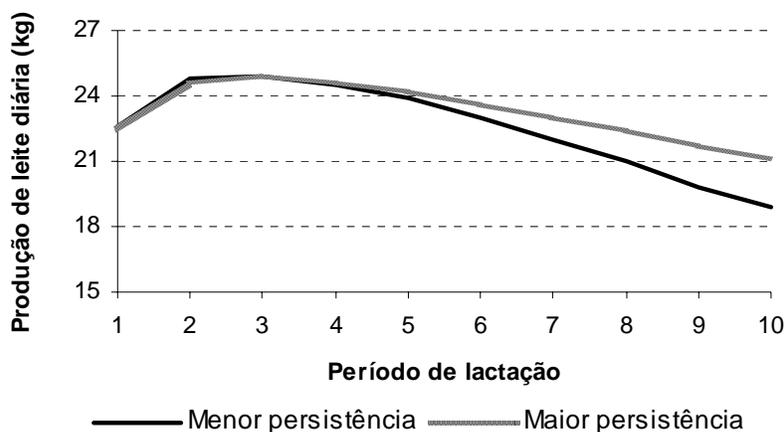


Figura 1 - Curvas de lactação com diferentes níveis de persistência.

e Mahadevan, 1951). Segundo Gengler (1996), no mínimo, duas grandes razões explicam o forte elo entre essas características. A primeira é que a produção de leite é medida pela área abaixo da curva de lactação (Figura 1), e a produção de leite, em cada período da lactação, depende da curva de lactação, cuja forma é influenciada, principalmente, pela persistência na lactação, o que mostra a importância da persistência na lactação para a produção total de leite. A segunda razão está relacionada com o fato de que vacas com altas produções até o pico de lactação apresentam declínio acentuado da produção de leite, quando comparadas a vacas com menores produções, na primeira fase da lactação (Lean *et al.*, 1989; Gengler, 1996).

Há vários estudos que têm avaliado a relação entre persistência na lactação, medida por diferentes métodos de mensuração, e produção inicial, parcial, máxima e total de leite (Shanks, 1981; Schneeberger, 1981; Lean *et al.*, 1989; e Tekerli *et al.*, 2000). Os resultados tendem a variar conforme o método de mensuração da persistência na lactação utilizado. A maioria dos estudos relatou associação positiva entre persistência e produção total de leite (Mahadevan, 1951; Schneeberger, 1981; Kumar *et al.*, 1999; Tekerli *et al.*, 2000).

O método de mensuração da persistência, baseado em razões de produção de leite em diferentes períodos da lactação, apresenta correlações positivas com a produção de leite, enquanto no método em que se consideram os desvios na produção de leite, durante a lactação, há indicativo de existência de correlação negativa. A explicação para esses resultados contraditórios pode estar no fato de que, no primeiro método de mensuração, a persistência é altamente influenciada pelo nível de produção e, no segundo, é afetada pela variação da produção, que é mais importante para vacas com elevada produção de leite (Gengler, 1996). Segundo Van Raden (1998), a mensuração da persistência será não correlacionada com a produção de leite, se as produções usadas para o cálculo da persistência na lactação forem relativas ao período mediano da lactação.

Assim, pode-se concluir que a persistência na lactação depende da produção de leite, especialmente da produção total. Entretanto, a direção e a magnitude dessa associação dependem do método utilizado no cálculo da persistência na lactação. Na medida em que a persistência na lactação é positivamente correlacionada com a produção de leite, parece razoável estimar valores genéticos dos animais para persistência, na tentativa de manter constante a produção de leite durante o período de lactação das vacas (Sölkner e Fuchs, 1987).

Vários estudos têm objetivado conhecer melhor a relação existente entre a persistência na lactação e

outras características. Jakobsen (2000), citado por Jensen (2001), ao investigar a relação genética entre persistência e resistência a doenças em vacas primíparas da raça Holandesa, definida como número total de intervenções veterinárias nos animais, obteve correlações genéticas entre persistência e resistência a doenças que variaram de 0,20 a 0,50. Segundo essa autora, tais resultados confirmam a hipótese formulada por Zimmerman e Sommer, em 1973, sobre a existência de associação positiva (vantajosa) entre persistência na lactação e resistência a doenças. Parece haver consenso de que vacas com menores declínios na curva de lactação (maior persistência) apresentam menores incidências de doenças metabólicas, originadas pelo maior estresse fisiológico causado por elevadas produções de leite, no período inicial da lactação (Madsen, 1975; Sölkner e Fuchs, 1987; Grossman *et al.*, 1999; Tekerli *et al.*, 2000).

As informações sobre persistência na lactação podem ser especialmente úteis em situações em que a resistência a doenças não pode ser medida diretamente no animal, devido à ausência de programas que visam avaliar essa característica (Jensen, 2001). Essa situação é bastante evidenciada em pequenos e médios rebanhos, onde raros são os casos em que o criador registra algum tipo de informação sobre resistência a doenças nos animais do seu rebanho.

Ludwich e Petersen (1943) relataram que vacas com maiores persistências na curva de lactação apresentam maior produção de leite, maior longevidade e, provavelmente, podem ser consideradas como eficientes produtoras, pois fornecem retorno econômico regular, ao longo da vida útil. Curvas de lactação com maiores persistências podem influenciar, de forma positiva, a longevidade dos animais e adiar o período de tempo médio para o descarte voluntário destes (Dekkers *et al.*, 1996; Jamrozik *et al.*, 1997).

Outros estudos buscam avaliar a relação entre persistência e desempenho reprodutivo das vacas. Bar-Anan e Ron (1985) encontraram correlações genéticas de 0,30 e -0,24 entre persistência, taxa de concepção e taxa de descarte involuntário, respectivamente. De acordo com esses autores, vacas que apresentaram altas produções no pico de lactação e substancial variação na produção, durante os meses em que são realizadas as inseminações, tiveram diminuição na taxa de concepção. A persistência na lactação pode ser considerada fator de adaptabilidade das vacas aos estresses causados pela lactação. Assim, a seleção de animais para curvas de lactação com maiores persistências poderia causar alterações positivas na fertilidade desses animais.

A relação entre fertilidade, produção de leite e

pico de lactação e persistência na lactação também foi investigada por Lean *et al.* (1989), que verificaram que o grupo de vacas com menores produções no pico e menores persistências ou maiores produções no pico e maiores persistências apresentaram maiores contribuições para a probabilidade de fertilização do que vacas do grupo com menores produções no pico e alta persistência ou maiores produções no pico e baixa persistência na lactação. Com relação à produção de leite no pico de lactação, esses autores relataram que vacas com pico de produções maiores do que a média do rebanho (38,2 kg) apresentaram menores taxas de concepção, do que vacas com menores produções no pico igual ou inferior à média do rebanho.

Importância econômica da persistência na lactação

A importância econômica da persistência na lactação está relacionada com a redução de custos no sistema de produção. Basicamente, há dois caminhos pelos quais os custos de produção podem ser reduzidos. O primeiro está associado à redução de custos com alimentação dos animais, em que parte da alimentação concentrada pode ser substituída pela adição de volumoso (Sölkner e Fuchs, 1987). O segundo está relacionado com a redução de custos, devido à minimização de problemas relativos à saúde e à reprodução animal (Madsen, 1975; Sölkner e Fuchs, 1987; Reents *et al.*, 1996; Grossman *et al.*, 1999).

De maneira geral, o melhoramento em gado de leite, no mundo, busca aumentar a produção de leite. No entanto, em alguns países, como os da União Européia, o aumento da produção de leite não é economicamente vantajoso devido ao sistema de cotas (Gengler, 1996; e Tekerli *et al.*, 2000). Assim, os criadores desses países procuram reduzir os custos de produção, entre outras maneiras, por meio da melhoria no nível de persistência na lactação dos animais (Tekerli *et al.*, 2000).

Segundo Jakobsen *et al.* (2002), os animais não são capazes de consumir quantidades suficientes de nutrientes durante as primeiras semanas de lactação, o que resulta em alto déficit de energia (balanço negativo de energia), pois, nesse período, há aumento contínuo da produção de leite; portanto, em vacas com elevada produção de leite são observadas severas consequências desse déficit de energia na saúde (aumento de ocorrência de doenças metabólicas) e na fertilidade (diminuição na taxa de concepção). Assim, para um mesmo nível de produção de leite, vacas que apresentam melhor persistência na lactação (curva com menores inclinações) podem receber dieta que contenha menor relação entre con-

centrado e volumoso, com menores custos com alimentação. Tais animais estão sujeitos a menor estresse fisiológico devido à menor produção no pico de lactação, o que minimiza a incidência de problemas reprodutivos e de doenças metabólicas, contribuindo, conseqüentemente, para diminuição de custos no sistema de produção (Madsen, 1975; Sölkner e Fuchs, 1987; Grossman *et al.*, 1999; e Tekerli *et al.*, 2000). Segundo Sölkner e Fuchs (1987), vacas com alta persistência na lactação necessitavam de 670 kg de alimentação concentrada para produzirem 5.500 kg de leite, no decorrer da lactação. Entretanto, vacas que apresentavam baixos níveis de persistência consumiram 820 kg de concentrado para produzir a mesma quantidade de leite.

Outra maneira de avaliar a importância de uma característica é por meio de estudos sobre seu valor econômico. Dentre os diversos fatores considerados no cálculo do valor econômico da persistência na lactação, Dekkers *et al.* (1996) basearam-se no impacto da persistência na lactação sobre o custo de alimentação e sobre retornos econômicos obtidos da venda do leite e obtiveram valor econômico para a persistência na lactação que corresponde, relativamente, a 5% do valor econômico da característica produção total de leite. Ao considerarem um intervalo de parto de 12,4 meses, Dekkers *et al.* (1998) obtiveram valor econômico para persistência na lactação de 3,8% do valor econômico para produção de leite em 305 dias. No entanto, em um intervalo médio de parto de 13 meses, esse valor aumentou para 9,4%. O valor econômico da persistência poderia ser aumentado se fossem considerados, além dos custos com alimentação e diferencial de produção, os custos com saúde e reprodução.

Gengler (1995), citado por Gengler (1996), ao estimar o efeito da persistência na lactação com base nos custos com saúde e reprodução, verificou que o valor econômico para persistência está em torno de 7,0% do valor econômico da produção de leite em 305 dias. No entanto, ao considerar somente os custos com alimentação, o seu valor econômico representa cerca de 3,0% do valor econômico da produção em 305 dias de lactação. Segundo Jensen (2001), se a relação positiva entre persistência na lactação e resistência a doenças for verificada em estudos futuros, a importância econômica pode ser maior do que a relatada em estudos anteriores. Todavia, vale ressaltar que o atual valor econômico da persistência pode depender das condições locais e do sistema de produção.

Pode-se dizer que uma maneira de produzir leite a custos menores é por meio da melhoria do nível de persistência na lactação das vacas. Podem ser obtidos ganhos econômicos adicionais por meio do diferencial na produção de leite e vida útil desses animais,

da diminuição dos gastos com alimentação e tratamento de doenças, e da melhoria da eficiência reprodutiva dos animais.

Métodos e tipos de mensuração da persistência na lactação

A persistência na lactação pode ser obtida pela utilização de quatro diferentes métodos e diversos tipos de mensuração dentro de cada método (Tabela 1). Método 1 - usa razões entre produções de leite em diferentes partes ou estádios da lactação. Método 2 - é baseado na variação da produção de leite durante todo

o período de lactação, calculada como desvio-padrão entre as produções no dia do controle. Teoricamente, possui algumas vantagens como: a) não avalia somente a forma geral da curva de lactação, mas também as oscilações dentro da fase de declínio da lactação; b) é facilmente calculada e está na mesma escala da produção de leite (Sölkner e Fuchs, 1987). Entretanto, apresenta a desvantagem de não fazer distinção entre curvas de lactação com alta e baixa produção total de leite (Gengler *et al.*, 1995). Método 3 - é obtido por meio das estimativas de parâmetros de modelos matemáti-

Tabela 1 – Tipos de mensuração da persistência na lactação (PS), de acordo com seus respectivos autores

	Tipo de Mensuração	Autor	Ano
1	$PS = YMd / YMx$	Sanders	1930
2	$PS = Y_{(101-200\text{dias})} / Y_{(1-100\text{dias})}$	Johansson e Hansson	1940
3	$PS = Y_{(201-305\text{dias})} / Y_{(1-100\text{dias})}$	Johansson e Hansson	1940
4	$PS = Y_{(201-305\text{dias})} / Y_{(101-200\text{dias})}$	Johansson e Hansson	1940
5	$PS = (Y_{(1-180\text{dias})} - Y_{(1-70\text{dias})}) / Y_{(1-70\text{dias})}$	Mahadevan	1951
6	$PS = -(b+1) \cdot \ln(c)$	Wood	1967
7	$PS = (Y_{(1-300\text{dias})} - YMx_{(1-45\text{dias})}) / YMx_{(1-45\text{dias})}$	Balaine <i>et al.</i>	1970
8	$PS = [Y_{(91-180\text{dias})} / Y_{(1-90\text{dias})}] \times 100$	Danell	1982
9	$PS = [Y_{(121-210\text{dias})} / Y_{(31-120\text{dias})}] \times 100$	Danell	1982
10	$PS = Y_{(1-305\text{dias})} / (IP \times YMdx_{(1-95\text{dias})})$	Bar-Anan e Ron	1983
11	$PS = [Y_{(1-150\text{dias})} / YMx]$	Weller <i>et al.</i>	1987
12	$PS = [YMx_{(1-200\text{dias})} / YMd_{(1-200\text{dias})}] \times 100$	Sölkner e Fuchs	1987
13	$PS = [YMx_{(1-305\text{dias})} / YMd_{(1-305\text{dias})}] \times 100$	Sölkner e Fuchs	1987
14	$PS = \left(\frac{1}{200-1} \sum_{t=1}^{200} (Y_t - \bar{Y}_{(1-200\text{dias})})^2 \right)^{0.5}$	Sölkner e Fuchs	1987
15	$PS = \left(\frac{1}{305-1} \sum_{t=1}^{305} (Y_t - \bar{Y}_{(1-305\text{dias})})^2 \right)^{0.5}$	Sölkner e Fuchs	1987
16	$PS = 2b_2^{-1}$	Grossman e Koops	1988
17	$PS = [1/305 \cdot (Y_{(1-100\text{dias})}^2/100) + (Y_{(101-200\text{dias})}^2/100) + (Y_{(201-305\text{dias})}^2/105) - (Y_{(1-305\text{dias})}^2/305)]^{0.5}$	Gengler <i>et al.</i>	1995
18	$PS = [Y_{(1-200\text{dias})} / YMx_{(1-200\text{dias})}] \times 200] \times 100$	Gengler <i>et al.</i>	1995
19	$PS = [Y_{(1-305\text{dias})} / YMx_{(1-305\text{dias})}] \times 305] \times 100$	Gengler <i>et al.</i>	1995
20	$PS = (Vg_{280} - Vg_{60})$	Jamrozik <i>et al.</i>	1997
21	$PS = \sum_{t=60}^{280} (Vg_t - Vg_{60})$	Jamrozik <i>et al.</i>	1997
22	$PS = [(Vg_{201-305\text{dias}} + YMd_{(201-305\text{dias})}) / (Vg_{1-100\text{dias}} + YMd_{(1-100\text{dias})}) - (YMd_{(201-305\text{dias})} / YMd_{(1-100\text{dias})})] \times 100$	Jamrozik <i>et al.</i>	1997
23	$PS = [(Vg_{201-305\text{dias}} + YMd_{(201-305\text{dias})}) / (Vg_{1-305\text{dias}} + YMd_{(1-305\text{dias})}) - (YMd_{(201-305\text{dias})} / YMd_{(1-305\text{dias})})] \times 100$	Jamrozik <i>et al.</i>	1997
24	$PS = t_1 - t_2$	Grossman <i>et al.</i>	1999
25	$PS = \left(\frac{1}{305-1} \sum_{t=1}^{305} (Vg_t - \bar{Vg}_{(1-305\text{dias})})^2 \right)^{0.5}$	Lindauer e Mäntysaari	1999
26	$PS = \sum_{t=60}^{279} (Vg_t - Vg_{280})$	Jakobsen <i>et al.</i>	2002
27	$PS = (Vg_{290} - Vg_{90})$	Cobuci	2002

cos que descrevem a curva de lactação. *Método 4* - descrito por Jamrozik *et al.* (1995), difere dos três primeiros, por expressar a persistência na lactação como a diferença entre predições de valores genéticos para produção de leite, em diferentes períodos da lactação.

$Y_{(dias)}$ = produção de leite acumulada no período de dias, entre parênteses; YMx = produção máxima de leite; YMd = média da produção de leite; $YMdx$ = média das duas maiores produções de leite; IP = intervalo de parto; t = período da lactação (dias); \ln = logaritmo neperiano; b , b_2 e c = parâmetros específicos de cada modelo matemático; Vg_{60} = valor genético aos 60 dias de lactação; Vg_{280} = valor genético aos 280 dias de lactação; Vg_{90} = valor genético aos 90 dias de lactação; Vg_{290} = valor genético aos 290 dias de lactação; Vg_t = valor genético no período t da lactação; t_1 e t_2 = período de tempo no qual a produção de leite passa a ser constante e deixa de ser constante, respectivamente, em que t_1 e t_2 são obtidos por meio da mensuração de persistência, descrita por

Grossman *et al.* (1999).

Com relação ao terceiro método, diferentes aproximações têm sido propostas para encontrar o modelo matemático que melhor se ajuste às produções de leite (Tabela 2). Brody *et al.* (1923) foram um dos primeiros a propor um modelo matemático na tentativa de descrever a curva de lactação. Em alguns desses modelos, a persistência na lactação pode ser obtida pela combinação de parâmetros específicos do modelo, a exemplo da medida de persistência na lactação fornecida pelos modelos de Wood (1967) e Grossman e Koops (1988) (Tabela 1).

Em grande parte dos modelos matemáticos (Tabela 2), o parâmetro «c» está relacionado com a taxa de declínio da produção de leite e também pode ser considerado como uma medida da persistência na lactação.

Madsen (1975) relatou que a eficiência entre os diferentes tipos de mensuração da persistência na lactação poderia ser obtida por meio da correlação

Tabela 2. Alguns dos modelos matemáticos (lineares e não-lineares) utilizados na descrição da forma da curva de lactação

	Modelo	Autor	Ano
1	$y = a e^{-ct}$	Brody	1923
2	$y = a e^{-bt} - a e^{-ct}$	Brody	1924
3	$y = a e^{(b t - c t^2)}$	Sikka	1950
4	$y = t / (a + b t + c t^2)$	Nelder	1966
5	$y = a t^b e^{-ct}$	Wood	1967
6	$y = a + b t - c t^2$	Dave	1971
7	$y = a - b t - a e^{-ct}$	Cobby e Le Du	1978
8	$y = a - c t$	Madalena	1979
9	$y = a - b t - c $	Molina e Boschini	1979
10	$y = a - b t + c \ln(t)$	Singh e Gopal	1982
11	$y = a + b t + c t^2 + d \ln(t)$	Singh e Gopal	1982
12	$y = a + b t + c 1/t$	Bianchini Sobrinho	1984
13	$y = a + b(t/305) + c(t/305)^2 + d \ln(305/t) + e \ln(305/t)^2$	Ali e Schaeffer	1987
14	$y = a + b t + c e^{(-0,05t)}$	Wilmink	1987
15	$y = a t^b / \cosh(ct)$	Papajcsik e Bodero	1988
16	$y = a (1 - e^{-bt}) / \cosh(ct)$	Papajcsik e Bodero	1988
17	$y = a \arctan(bt) / \cosh(ct)$	Papajcsik e Bodero	1988
18	$y = a \ln(bt) e^{-ct}$	Papajcsik e Bodero	1988
19	$y = a \ln(bt) / \cosh(ct)$	Papajcsik e Bodero	1988
20	$y = a \arctan(bt) e^{-ct}$	Papajcsik e Bodero	1988
21	$y = a t e^{-ct}$	Papajcsik e Bodero	1988
22	$y = \sum_{i=1}^n \{a_i b_i [1 - \tanh^2(b_i(t - c_i))]\}$	Grossman e Koops	1988
23	$y = \sum_{i=1}^2 \{a_i b_i [1 - \tanh^2(b_i(t - c_i))]\}$	Grossman e Koops	1988
24	$y = a - c t + \ln(t)$	Cobuci <i>et al.</i>	2000

t - período de tempo em lactação até a data do controle leiteiro; a , b , c , d , e - parâmetros específicos de cada modelo matemático.

entre persistência e produção total de leite, admitindo-se o mesmo nível de produção de leite no início da lactação.

Dekkers *et al.* (1998) afirmaram que a escolha entre as diferentes alternativas de mensuração da persistência na lactação, para uso em programas de melhoramento, deve ser baseada nos seguintes critérios: 1) a mensuração da persistência deve ser não-correlacionada com a produção de leite em 305 dias, admitindo-se constante a produção de leite em 305 dias; 2) a mensuração da persistência deve apresentar moderada herdabilidade e variância genética; 3) a mensuração da persistência deve explicar a maior proporção da variabilidade genética referente aos fatores que contribuem para a importância econômica da persistência (produção inicial de leite, produção total de leite, resistência a doenças, taxa de concepção). Esses autores relataram ainda que o mesmo tipo de mensuração da persistência pode não ser o ideal para explicar a variação genética referente aos quatro fatores que contribuem para o interesse econômico da persistência na lactação. Por exemplo, com relação aos fatores saúde e reprodução, determinado tipo de mensuração da persistência deve descrever, acuradamente, os aspectos de produção de leite no início da lactação; entretanto, com relação ao diferencial na produção total de leite, essa medida de persistência deve ser mais acurada na descrição da forma da curva de lactação.

Nesse contexto, pode-se concluir que a persistência na lactação pode tornar-se importante característica para seleção de animais, pois constitui um elemento fundamental para produção total de leite na lactação (Gengler 1996; e Grossman *et al.*, 1999).

Embora vários estudos indiquem que é salutar a utilização dessa característica na avaliação genética de animais (Bar-Anan e Ron, 1985; Sölkner e Fuchs, 1987; Singh, 1995; Jamrozik *et al.*, 1995, 1997, 1998; Tekerli *et al.*, 2000; Schaeffer *et al.* 2000), a maior parte das avaliações genéticas, em diferentes países, não considera a persistência na lactação em seus programas de seleção.

Parâmetros genéticos para persistência na lactação

Vários estudos têm sido realizados com o intuito de estimar parâmetros genéticos relacionados com persistência na lactação. Todavia, esses parâmetros, na maioria dos trabalhos citados na literatura, têm sido estimados com base em análises que utilizam modelos tradicionais e, em número reduzido, com base no modelo de regressão aleatória.

Após avaliação prévia da literatura, verifica-se que a herdabilidade da persistência na lactação depende do tipo e, ou, do método de mensuração usado para calcular a persistência. Na Tabela 3 estão apresentados os valores de herdabilidade estimados por vários tipos e métodos de mensuração da persistência na lactação em vacas, na primeira ordem de parto. As estimativas de herdabilidade variaram de 0,09 a 0,59, para mensurações baseadas em razões entre produções de leite em diferentes partes da lactação (Madsen, 1975; Swalve, 1995a); de 0,03 a 0,21, para mensurações com base na variação da produções de leite, ao longo da lactação (Sölkner e Fuchs, 1987; e Gengler *et al.*, 1995); de 0,02 a 0,35, para mensurações obtidas por meio de parâmetros dos modelos matemáticos (Madsen, 1975; Shanks *et al.*, 1981); de 0,05 a 0,34, para mensurações obtidas dos valores genéticos estimados por meio de modelos de regressão aleatória (Gengler *et al.*, 1999; Jamrozik *et al.*, 2000).

Segundo Madsen (1975), diferenças entre herdabilidades podem ser causadas por três fatores. O primeiro está relacionado com a eficiência biológica do tipo de mensuração da persistência na lactação (ou seja, se as diferenças entre produções, nos diferentes períodos, devem ser consideradas em termos absolutos ou relativos). Alguns tipos de mensuração podem ser melhores do que outros, por expressarem, biologicamente, determinadas alterações na produção de leite durante a lactação. O segundo e o terceiro estão associados, respectivamente, à eficiência estatística do tipo de mensuração da persistência e à parte da lactação usada para calcular a medida de persistência. Assim, os tipos de mensuração que excluem essas partes da lactação podem levar à obtenção de maiores valores de herdabilidade, do que os tipos que consideram as produções de leite em todo o período de lactação. Observa-se, na literatura, que as estimativas de herdabilidade para produção de leite são maiores, no período intermediário da lactação, e menores, no início e no final da lactação (Swalve, 1995b).

De acordo com Danell (1982), outro importante ponto relacionado com a variação das estimativas de herdabilidade está no fato de que os estudos que avaliam a persistência na lactação, admitindo-se diferentes níveis de produção de leite dos animais, podem levar à redução no valor dessas estimativas.

No que concerne às diferenças genéticas da persistência na produção de leite entre lactações, as estimativas de herdabilidade variaram de 0,13 a 0,30, na primeira lactação; de 0,16 a 0,37, na segunda; e de 0,14 a 0,39, na terceira (Jamrozik *et al.*, 1998; Van Der Linde *et al.*, 2000; e Rekaya *et al.*, 2001). Para a repetibilidade, as estimativas variaram de 0,12 a 0,41

Tabela 3. Estimativas de herdabilidade obtidas por diferentes tipos de mensurações da persistência na lactação

Autor	Herdabilidade	Método
Madsen (1975)	0,59 ± 0,15; 0,47 ± 0,14; 0,49 ± 0,14; 0,35 ± 0,13	ANOVA
Gravet e Baptist (1976)	0,18 ± 0,03	ANOVA
Schneeberger (1981)	0,22 ± 0,01; 0,29 ± 0,01; 0,26 ± 0,01	ANOVA
Shanks <i>et al.</i> (1981)	0,02 ± 0,01	HND-III
Ferris <i>et al.</i> (1985)	0,04 ± 0,46	REML
Sölkner e Fuchs (1987)	0,14; 0,19; 0,14; 0,17; 0,17; 0,21	REML
Weller <i>et al.</i> (1987)	0,10 - 0,12	HND-III
Gama <i>et al.</i> (1994)	0,05; 0,15; 0,17	HND-III
Gengler <i>et al.</i> (1995)	0,12; 0,11; 0,03; 0,09; 0,10; 0,04; 0,08	REML
Singh (1995)	0,32 ± 0,17	ANOVA
Swalve (1995a)	0,10 - 0,15	REML
Gengler (1996)	0,14	REML
Jamrozik <i>et al.</i> (1998)	0,30	BYS
Gengler <i>et al.</i> (1999)	0,05	REML
Jamrozik <i>et al.</i> (2000)	0,34	BYS
Van Der Linde <i>et al.</i> (2000)	0,14 - 0,16	REML
Rekaya <i>et al.</i> (2001)	0,17	BYS
Jakobsen <i>et al.</i> (2002)	0,09 - 0,24	REML
Cobuci (2002)	0,14 - 0,27	REML

REML - máxima verossimilhança restrita; BYS - bayesiano; ANOVA - análise de variância; HND-III - Henderson III.

(Madsen, 1975; Gengler, 1996; e Tekerli *et al.* 2000). Os baixos valores de repetibilidade encontrados para persistência na lactação indicam que a persistência na primeira e nas demais lactações pode ser considerada característica distinta (Gengler, 1996; Jamrozik *et al.*, 1998; e Rekaya *et al.*, 2001).

Na Tabela 4, são apresentadas as estimativas de correlação genética entre persistência na lactação e produção de leite. Espera-se que as mensurações de persistência na lactação sejam pouco correlacionadas com a produção total de leite, pois, do contrário, não

se justificaria a realização de estudos que visem à seleção de animais para a persistência na lactação; bastaria, portanto, selecioná-los para produção total de leite e, conseqüentemente, obter-se-ia melhoria no nível de persistência na lactação dos animais.

Segundo Van Der Linde *et al.* (2000), o valor de 0,25, obtido da correlação genética entre persistência na lactação e produção de leite, indica que não há relacionamento entre nível de produção e persistência na lactação. Resultados como este vêm enfatizar os relatos de Gengler (1996) e Jamrozik *et*

Tabela 4. Estimativas de correlação genética entre persistência na lactação e produção de leite, obtidas por diferentes mensurações da persistência na lactação

Autor	Correlação genética	Método
Schneeberger (1981)	0,05 ± 0,03; 0,08 ± 0,03; 0,12 ± 0,03	ANOVA
Ferris <i>et al.</i> (1985)	0,52 ± 0,23	REML
Sölkner e Fuchs (1987)	0,50; 0,48; -0,53; -0,53; 0,36; 0,48	REML
Swalve (1995a)	0,56; 0,53; 0,30	REML
Gama <i>et al.</i> (1994)	0,34; -0,37; -0,82	HND-III
Gengler <i>et al.</i> (1995)	0,65; 0,51; -0,30; -0,30; -0,38; -0,09	REML
Jamrozik <i>et al.</i> (1998)	-0,10	BYS
Van Der Linde <i>et al.</i> (2000)	0,25	REML
Jakobsen <i>et al.</i> (2002)	0,18 - 0,47	REML
Cobuci (2002)	-0,31; 0,31; 0,35; 0,38; 0,44; 0,55	REML

REML - máxima verossimilhança restrita; BYS - bayesiano; ANOVA - análise de variância; HNDIII - Henderson III.

al. (1998), segundo os quais, vacas com mesmo nível de produção de leite apresentam diferentes níveis de persistência na lactação.

Considerações Finais

A melhoria do nível de persistência na lactação pode contribuir para redução de custos no sistema de produção, o que faz desta característica uma ferramenta auxiliar para a minimização dos custos inerentes a atividade leiteira. No entanto, a tradicional seleção de animais com base na produção total de leite pode não levar à melhoria da persistência na lactação.

A seleção para persistência na lactação, com o objetivo de alterar a forma da curva de lactação pode ser eficiente. Assim, a adoção da avaliação genética animal para persistência na lactação visaria, principalmente, à redução de custos no sistema de produção, dada pela possibilidade de substituição de parte da alimentação concentrada pela alimentação volumosa, minimização de problemas associados à saúde e reprodução animal e aumento na produção total de leite por lactação.

Literatura Citada

- Ali, T.E., and Schaeffer, R. 1987. Accounting for covariances among test day milk yields in dairy cows. *Can. J. Anim. Sci.* 67:637-644.
- Balaine, D.S., Gill, G.S., and Acharya, R.M. 1970. Effectiveness of the components of lactation in selection for milk production in Harijana cattle. *J. Dairy Sci.* 53:1064-1068.
- Bar-Anan, R., and Ron, M. 1985. Associations among milk yield, yield persistency, conception, and culling of Israeli Holstein dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 68(2):382-386.
- Bar-Anan, R., and Ron, N. 1983. Genetic correlations among progeny groups for type traits, milk yield, yield persistency, and culling rates. *J. Dairy Sci.* 66(11):2438-2440.
- Bianchini Sobrinho, E. 1984. Estudo da curva de lactação de vacas da raça Gir. Tese (Doutorado em Genética). Faculdade de Medicina Veterinária de Ribeirão Preto - FMVRP, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto. 88p.
- Brody, S., Ragsdale, A.C., and Turner, C.W. 1923. The rate of decline of milk secretion with the advance of the period of lactation. *J. Gen. Physiol.* 5:441-444.
- Brody, S., Turner, C.W., and Ragsdale, A.C. 1924. The relation between the initial rise and the subsequent decline of milk secretion following parturition. *J. Gen. Physiol.* 6:541-545.
- Cobby, J.M., and Le Du, Y.L.P. 1978. On fitting curves to lactation data. *Anim. Prod.* 26(2):127-133
- Cobuci, J. A. 2002. Uso de modelos de regressão aleatória na avaliação da persistência na lactação de animais da raça Holandesa. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 99p.
- Cobuci, J.A., Euclides, R.F., Teodoro, R.L., Verneque, R. S., Lopes, P.S., and Silva, M.A. 2001. Aspectos genéticos e ambientais da curva de lactação de vacas Guzerá. *Rev. Bras. Zootec.* 30(4):1204-1211.
- Cobuci, J.A., Euclides, R.F., Verneque, R. S., Teodoro, R.L., Lopes, P.S., and Silva, M.A. 2000. Curva de Lactação na Raça Guzerá. *Rev. Bras. Zootec.* 29(5):1332-1339.
- Cupps, P.T. 1966. Breeds of dairy cattle. (2nd. ed.). Ed. W.H. Freeman & Co., San Francisco, CA.
- Danell, B. 1982. Studies on lactation yield and individual test-day yields of Swedish dairy cows. III. Persistency of milk yield and its correlation with lactation yield. *Acta Agric. Scand.* 32:93-101.
- Dave, B.K. 1971. First lactation curve of Indian water buffalo. *JNKVV Res. J.*, 5:93.
- Dekkers, J.C.M., Jamrozik, J., Ten Hag, J.H., Schaeffer, L.R., and Weersink, A. 1996. Genetic and economic evaluation of persistency in dairy cattle. *Proc. Int. Workshop on Genetic Improvement of functional Traits in Cattle. Interbull Bulletin.* 12:97-102.
- Dekkers, J.C.M., Ten Hag, J.H., and Weersink, A. 1998. Economic aspects of persistency of lactation in dairy cattle. *Livest. Prod. Sci.* 53:237-252.
- Dhaka, S.S., and Chaudhary, S.R. 1994. Non-genetic factors influencing persistency of lactation in Murrah buffaloes. *Indian J. Anim. Res.* 28(2):117-121.
- Ferris, T.A., Mao, I.L., and Anderson, C.R. 1985. Selecting for lactation curve and milk yield in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 68(6):1438-1448.
- Fonseca, A. F. 1985. Fisiologia da lactação. Universidade Federal de Viçosa, UFV, Viçosa, 131p.
- Gama, L.T., Carolino, R.N., Cruz, A.A., and Carolino, M.I. 1994. Genetic parameter estimates for shape of the lactation curve in dairy cattle. In: *Proceedings 5th world congress genetic applied livestock production.* Guelph, ON, Canada, p.132-135.
- Gengler, N. 1996. Persistency of lactation yields: A review. *Proc. Int. Workshop on Genetic Improvement of functional Traits in Cattle. Interbull Bulletin.* 12:97-102.
- Gengler, N., Keown, J.K., and Van Vleck, L.D. 1995. Various persistency measures and relationships with total, partial and peak milk yields. *Rev. Brasil. Genet.* 18(2):237-243.
- Gengler, N., Tijani, A., Wiggans, G.R. and Philpot, J.C. 1999. Estimation of (co)variance functions of test day yields in first and later lactation of United States Holstein cows. *Proc. Int. Workshop on Genetic Improvement of functional Traits in Cattle. Interbull Bulletin.* 22:69-73.
- Gravert, H.O., and Baptist, R. 1976. Breeding for persistency of milk yield. *Livest. Prod. Sci.* 3(1): 27-31.
- Grossman, M., Hartz, S.M., and Koops, W.P. 1999. Persistency of lactation yield: A novel approach. *J. Dairy Sci.* 82(10):2192-2197.
- Grossman, M., and Koops, W.J. 1988. Multiphasic analysis of lactation curves in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 71(6):1598-1608.
- Grossman, M., Kuck, A.L., and Norton, H.W. 1986. Lactation curves of purebred and crossbred dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 69(1):195-203.
- Jakobsen, J.H., Madsen, P., Jensen, J. Pedersen, J., Christensen, L.G., and Sorensen, D.A. 2002. Genetic parameters for milk production and persistency for Danish Holstein estimated in random regression models using REML. *J. Dairy. Sci.* 85(6):1607-1616.
- Jamrozik, J., Jansen, G., Schaeffer, L.R. and Liu, Z. 1998. Analysis of persistency of lactation calculates from a random regression test day model. *Proc. Int. Workshop on Genetic Improvement of functional Traits in Cattle. Interbull Bulletin.* 17:64-69.
- Jamrozik, J., and Schaeffer, L. R. 1997. Estimates of genetic parameters for a test day model with random regression for yield traits of first lactation Holstein. *J. Dairy Sci.* 80(4):762-770
- Jamrozik, J., Schaeffer, L.R., and Dekkers, J.C.M. 1995. Genetic evaluation of dairy cattle using test day yields and random regression model. *J. Dairy Sci.* 78:(Supplement.1):249 (Abstr.).

- Jamrozik, J., Schaeffer, L. R., and Dekkers, J. C. M. 1997. Genetic evaluation of dairy cattle using test day yields and random regression model. *J. Dairy Sci.* 80(6):1217-1226.
- Jamrozik, J., Schaeffer, R.L., and Jansen, G.B. 2000. Approximate accuracies of prediction from random regression models. *Livest. Prod. Sci.* 66:85-92.
- Jensen, J. 2001. Genetic evaluation of dairy cattle using Test-day models *J. Dairy Sci.* 84(12):2803-2812.
- Johansson, I., and Hansson, A. 1940. Causes of variation in milk and butter far yield in dairy cows. *Kungl. Landtbr. Akad. Tidskr.*, 79:1-127.
- Knight, C.H. 1997. Biological control of lactation length. *Livest. Prod. Sci.* 50:1-3.
- Kumar, V., Syadav, R.S., and Melha, O.P. 1999. Effect of persistency on milk under organised farm management condition. *Ind. J. Anim. Sci.* 69(2):134-138.
- Lean, I.J., Galland, J.C., and Scott, J.L. 1989. Relationships between fertility, peak milk yields and lactational persistency in dairy cows. *Theriogenology.* 31(5):1093-1103.
- Lidauer, M., and Mäntysaari, E.A. 1999. Multiple trait reduced rank random regression test-day model for production traits. *Proceedings International Workshop on Genetic Improvement of functional Traits in Cattle. Interbull Bulletin.* 22:74-80.
- Ludwick, T.M., and Petersen, W.E. 1943. A measure of persistency of lactation of dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 26:439-445.
- Madalena, F.E., Martinez, M.L., and Freitas, A.F. 1979. Lactation curves of Hosten-Friesian and Holstein-Friesian x Gir cows. *Anim. Prod.* 29:101-107.
- Madsen, O. 1975. A comparison of some suggested measures of persistency of milk yield in dairy cows. *Anim. Prod.* 20:191-197.
- Mahadevan, P. 1951. The effect of the environment end heredity on lactation. II. Persistency of lactation. *J. Agric. Sci.* 41:89-93.
- Molina, J.R., and Boschini, C. 1979. Adjustment of the dairy curve of a Holstein herd with a linear modal model. *Agron. Costarric.* 3(2):167-174.
- Nelder, J. A. 1966. Inverse polynomials a useful group of multi-factor response functions. *Biometrics.* 22(1):128-141.
- Papajcsik, I.A., and Bodero, J. 1988. Modeling lactation curves of Friesian cow in a subtropical climate. *Anim. Prod.*, 47(2):201-207.
- Reents, R., Reinhardt, F., and Abramowsky, M. 1996. Calculation of persistency proofs form the German multi-lactation model for production traits. *Proc. Int. Workshop on Genetic Improvement of functional Traits in Cattle. Interbull Bulletin.* 12:103-107.
- Rekaya, R., Weigel, K.A., and Gianola, D. 2001. Hierarchical nonlinear model for persistency of milk yield in the first three lactation of Holsteins. *Livest. Prod. Sci.* 68:181-187.
- Sanders, H.G. 1930. The analysis of the lactation curve into maximum yield and persistency. *J. Agric. Sci.* 20:145-185.
- Schaeffer, L.R., Jamrozik, J., Kistemaker, G.J. and Van Doormaal. 2000. Experience with a test-day model. *J. Dairy Sci.* 83(5):1135-1144.
- Schneeberger, M. 1981. Inheritance of lactation curve in Swiss Brown cattle. *J. Dairy Sci.* 64(3):475-483.
- Shanks, R.D., Berger, P.J., and Freeman, A.E. 1981. Genetic aspects of lactation curves. *J. Dairy Sci.* 64(9):1852-1860.
- Sikka, L.C. 1950. A study of lactation as effected by buredity and environment. *J. Dairy Res.* 17(3):231-252.
- Singh, R.P., and Gopal, R. 1982. Lactation curves analysis of buffaloes maintained under village conditions. *Indian. J. Anim. Sci.* 52(12):1157-1160.
- Singh, S.R. 1995. Variation persistency of lactation yield in Jersey x Harijana cows. *Indian J. Dairy Sci.* 48(10):603-604.
- Sölkner, J., and Fuchs, W. 1987. A comparison of different measures of persistency with special respect to variation of Test-day milk yields. *Livest. Prod. Sci.* 16:305-319.
- Swalve, H. H. 1995a. Genetic relationship between dairy lactation persistency and yield. *J. Anim. Breed. Genet.* 112:303-311.
- Swalve, H.H. 1995b. The effect of test day models on the estimation of genetic parameters and breeding values for dairy yield traits. *J. Dairy Sci.* 78(4): 929-938.
- Tekerli, M., Akinci, Z., Dogan, I., and Akcan, A. 2000. Factors affecting the shape of lactation curves of Holstein cows from the Balikesir province of Tukey. *J. Dairy Sci.* 83(6):1381-1386.
- Van Der Linde, R. Groen, A., and Jong, G. 2000. Estimation of genetic parameters for persistency of milk production in dairy cattle. *Proc. Int. Workshop on Genetic Improvement of functional Traits in Cattle. Interbull Bulletin.* 25:113-116.
- Van Raden, P.M. 1998. Best prediction of lactation yield and persistency. In: *Proceedings 6th world congress genetic applied livestock production.* Armidale, New South Wales, Australia. p. 347-350.
- Weller, J.I., Ron, M., and Bar-Anan, R. 1987. Effects of persistency and production on the genetic parameters of milk and fat yield in Israeli-Holsteins. *J. Dairy Sci.* 70(3):672-680.
- Wilmink, J.B.M. 1987. Adjustment of test-day milk, fat and protein yields for age, season and stage of lactation. *Livest. Prod. Sci.* 16:335-348.
- Wood, P.D.P. 1967. Algebraic model of lactation curve in cattle. *Nature.* 216(5111):164-165.