

COMPARAÇÃO DE MÉTODOS PARA ESTIMAR A PRODUÇÃO DE LEITE COM BASE EM CONTROLES SEMANAIS, QUINZENAIS, MENSAIS E BIMESTRAIS¹

IVAN LUZ LEDIC², EVARISTO BIANCHINI SOBRINHO³ e OSCAR TUPY⁴

RESUMO - Foram testados três métodos estatísticos para obtenção da estimativa da produção total de leite de vacas da raça gir, utilizando-se 1.085 lactações com controles semanais, 1.084 com quinzenais, 1.036 mensais e 630 com controles bimestrais. Os resultados foram comparados com a produção real obtida por controle diário, através da distribuição dos erros e da reta de regressão $Y = A + BX$, onde Y é a produção estimada e X a produção real. Somente as estimativas obtidas com a curva de lactação quadrática logarítmica, usando controles semanais e quinzenais, foram consistentes com a produção real, e seus erros, simetricamente distribuídos, mesmo em controles semanais. Os outros métodos testados podem ser corrigidos bastando somar ou subtrair uma constante e usados em controles semanais e quinzenais. As estimativas de produção obtidas com o uso de controles bimestrais não foram consistentes com a real, por nenhum dos métodos estudados.

Termos para indexação: frequência de controle leiteiro, predição da produção de leite.

COMPARISON OF METHODS FOR ESTIMATION OF LACTATION YIELD, FROM WEEKLY, BIWEEKLY, MONTHLY AND BIMONTHLY CONTROLS

ABSTRACT - Three statistical methods for estimating the total milk yield of gir cows were tested using 1,085 lactations from weekly controls, 1,084 from biweekly, 1,036 from monthly and 630 from bimonthly controls. Results obtained with the methods above were compared with actual yield, by means of the error distribution analysis and by the regression line $Y = A + BX$, where Y is the estimated yield and X is the actual yield. Only estimates obtained by a logarithmic quadratic lactation curve using weekly and biweekly controls were consistent with actual yield, and their error were symmetrically distributed even with monthly control. Some of the methods tested can be corrected simply by adding or subtracting a constant and therefore can be used for weekly and biweekly controls. Yield estimates obtained with the use of bimonthly controls were not consistent with actual yield for any of the methods studied.

Index terms: milk recording frequency, prediction of production.

INTRODUÇÃO

A cada dia aumenta o número de interessados em controlar a produção de seus rebanhos e a tendência observada em todo mundo é di-

minuir a frequência do controle, como medida de economia e para facilitar o trabalho das associações de controle leiteiro.

Na organização e manutenção dos serviços de controle leiteiro surgem vários problemas. Formas e métodos diferentes são preconizados e cada país adota um sistema próprio. Todavia, a produção total obtida através destes controles, por diversos métodos, não é isenta de erros e sabe-se que a dispersão dos erros de estimação da produção por lactação aumenta quando se incrementa o intervalo entre controles.

No Brasil, o método anteriormente usado, denominado método oficial-PTO, estima a pro-

¹ Aceito para publicação em 7 de janeiro de 1991
Trabalho realizado com suporte financeiro do CNPq.

² Méd.-Vet., M.Sc., EMBRAPA/EPAMIG - Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, Caixa Postal 351, CEP 38001 Uberaba, MG.

³ Matemático, Prof.-Adjunto, Dep. Ciências Exatas, FCAVJ/UNESP, CEP 14870 Jaboticabal, SP.

⁴ Méd.-Vet., M.Sc., EMBRAPA, Caixa Postal 339, CEP 13560 São Carlos, SP.

dução de leite através do produto da média dos controles pela duração da lactação (Brasil 1974), admitindo que a curva de lactação é praticamente linear. Em países mais desenvolvidos, como França, Canadá e Estados Unidos, o método utilizado é o de intervalos entre testes, também conhecido como método de Fleischman-PTF (Carré et al. 1958). Bianchini Sobrinho (1984) estudando curvas de lactação em um rebanho da raça gir, concluiu que a curva quadrática logarítmica pode ser usada com maior acurácia na estimativa da produção total de leite em comparação com outras curvas de lactação. A produção total de leite, pela curva quadrática logarítmica-PTOL, é obtida somando-se os valores estimados, pela curva do início, ao final da lactação.

Os resultados obtidos por diferentes autores, em diversos países, em relação à estimativa da produção de leite de uma vaca, demonstram que existem discordâncias de como tratar o problema, isto é, de se decidir qual o tipo de controle e método de estimativa que deve ser usado nos rebanhos; dentre estes autores, Leroy (1950), Erb et al. (1952a e 1952b), Jardim et al. (1956a e 1956b), McDaniel (1968), Martinez et al. (1979a e 1979b) e Bianchini Sobrinho et al. (1986).

Os objetivos deste trabalho são: comparação de três métodos estatísticos para obtenção da estimativa da produção total utilizando-se de controles semanais, quinzenais, mensais e bimestrais com a produção real obtida por controles diários, através do estudo da distribuição dos erros das estimativas - através de correlação e através da reta de regressão -, fornecendo subsídios para a melhora da acurácia das estimativas.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados utilizados neste estudo são referentes às produções de leite de vacas gir da fazenda experimental Getúlio Vargas (EPAMIG), em Uberaba, Minas Gerais. As condições climáticas da região e o sistema de manejo e alimentação do rebanho foram descritos por Ledic (1984) e Ledic et al. (1988). A ordenha foi realizada manualmente, duas vezes por

dia, com bezerro ao pé, cinco dias após o parto, com controle diário da produção. Foram considerados registros de produções relativos às lactações ocorridas entre 1969 e 1985, com o mínimo de duas lactações por vaca e duas filhas por touro. Foi simulada uma data fixa para a assistência do controlador à fazenda. Estas datas (escolhidas arbitrariamente) foram às quintas-feiras de cada mês na frequência semanal; dias 10 e 25 de cada mês na frequência quinzenal; dia 10 de cada mês na frequência mensal e dia 10 de cada mês ímpar para frequência bimestral. Foram constituídos quatro conjuntos de dados, compreendendo as lactações conforme a frequência dos controles, a fim de desenvolver hipóteses e interpretações das tendências e vícios acarretados pela conseqüente eliminação de vacas com lactações mais curtas, quando o intervalo entre controles aumenta. Foram consideradas lactações com no mínimo três registros de produção a fim de possibilitar a estimativa da produção total de leite pelos métodos estudados. Para controles semanais, analisaram-se, portanto, 1.085 lactações, para os quinzenais 1.084 lactações, para os mensais 1.036 e para os controles bimestrais 630 lactações.

As análises estatísticas foram realizadas no computador HP1000 do Departamento de Genética da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto (USP). Foram elaborados e testados os programas computacionais para estimativa da produção total pelos diversos métodos: retas de regressão, testes dos parâmetros da reta e estimativa do coeficiente de correlação. Os programas para a estimativa dos parâmetros da curva quadrática logarítmica foram os mesmos utilizados por Bianchini Sobrinho (1984). O programa LSML 76 Mixed Model Least-Square and Maximum Likelihood Computer Program, descrito por Harvey (1977), foi utilizado para ajustar os registros de produção para ordem, mês e ano da partição.

As estimativas da produção total de leite das vacas durante a lactação foram obtidas pelos seguintes métodos:

$$PTO = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_i (L)$$

$$PTF = Y_1 T_1 + \sum_{i=1}^{n-1} \left(\frac{Y_i + Y_{i+1}}{2} \right) T_i + Y_n T_n$$

$$PTQL = \sum_{X=1}^L (\beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 X^2 + \beta_3 \lambda n X)$$

sendo:

Y_i = produção diária no i -ésimo controle ($i = 1, 2, \dots, n$);

L = duração da lactação;

Y_1 = produção diária de leite no primeiro controle;

T_1 = intervalo entre o início da lactação e o primeiro controle;

T_i = intervalo entre controles ($i = 7, 15, 30, 60$);

Y_n = produção diária de leite do último controle;

T_n = intervalo entre o último controle e o final da lactação;

n = número de controles; e,

$\beta_0, \beta_1, \beta_2$ e β_3 = são as estimativas dos parâmetros da curva para cada animal.

O PTO era o método anteriormente adotado no Brasil como oficial para o controle leiteiro (Brasil 1974), o PTF é o método do intervalo entre testes ou Fleischman (Dairy Herd Improvement 1974) e o PTQL é o método da curva quadrática logarítmica (Bianchini Sobrinho 1984). A produção real (PTR), obtida pela soma dos controles diários, foi utilizada como padrão para comparação dos resultados.

A comparação das médias estimadas com a média real foi feita através do teste de Tukey. Foi estimado o coeficiente de correlação linear entre um método de estimativa e a produção real, segundo Pimentel-Gomes (1982).

Os desvios de estimativa foram calculados pela diferença entre a produção real e a estimada, e os erros como sendo o quociente dos desvios pela produção real, expressos em percentagem. Foram construídas distribuições de frequência para os erros e gráficos (polígonos e frequência), com a finalidade de verificar o comportamento destas distribuições. Como medida de precisão das estimativas, foram calculadas a soma de quadrados dos desvios e a percentagem A , da soma de quadrados dos desvios em relação à soma de quadrados total real corrigida.

Os parâmetros A e B da reta de regressão $Y = A + BX + E$, onde Y é a produção total real e X a produção total estimada por diversos métodos, foi feita com a utilização do método dos quadrados mínimos.

Quando a estimativa do coeficiente de correlação linear é aproximadamente igual a 1, há indícios de alto grau de linearidade entre as variáveis envolvidas. Portanto, um método de estimativa da produção total real estimará a produção com eficiência quando os parâmetros da reta forem iguais a 0 e 1 em um teste de hipóteses conjunto. Para testarmos a hipótese $H_0: A = 0$ e $B = 1$ simultaneamente contra a

alternativa $H_1: A \neq 0$ ou $B \neq 1$ utilizarmos a técnica descrita por Graybill (1961). No caso em que rejeitamos a hipótese H_0 , isto é, que $A \neq 0$ ou $B \neq 1$, devemos fazer testes complementares para A e B , em separado, ou seja, foram realizados teste "t" de Student para as seguintes hipóteses:

$H_0: B = 1$ $H_0: A = 0$

$H_1: B \neq 1$ $H_1: A \neq 1$

As conclusões práticas que podemos estabelecer sobre os testes são as seguintes:

a. se aceitarmos a hipótese em que $A = 0$ e $B = 1$ simultaneamente, o método de estimativa utilizado fornece uma ótima estimativa da produção real;

b. se aceitarmos a hipótese $B \neq 1$ e $A = 0$ os desvios entre a produção real e a estimativa aumentam com o crescimento de produção;

c. se aceitarmos a hipótese $B = 1$ e $A \neq 0$ a reta $Y = A + BX$ é paralela à reta $Y = X$, existindo duas possibilidades:

c₁) se $A > 0$, o método em geral está superestimando a produção real.

c₂) se $A < 0$, o método subestima a produção real.

Nestes casos o valor de A subtraído ou somado às produções estimadas para os casos em que $A > 0$ e $A < 0$, respectivamente, melhora as estimativas;

d. no caso em que aceitamos $B \neq 1$ e $A \neq 0$, as retas $Y = A + BX$ e $Y = X$ podem ou não se interceptar, e os desvios da produção estimada em relação a real, não são consistentes em relação ao crescimento da produção.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Médias e distribuição dos erros

Nas análises de variância constantes da Tabela 1, verifica-se que existem diferenças significativas entre os métodos de estimativa da produção total de leite para controles mensais e bimestrais, não sendo constatadas diferenças entre os métodos quando os controles são semanais ou quinzenais.

A Tabela 2 evidencia diferenças acentuadas entre as somas de quadrados dos desvios (SQD) da produção estimada em relação à real, e entre a percentagem destas somas de quadrados em relação à soma de quadrados total corrigida (A). Verifica-se que os menores valores

TABELA 1. Análises de variância entre a produção real e as estimativas pelos métodos PTO, PTF e PTQL, de acordo com o tipo de controle.

Fonte de variação	Tipo de controle							
	Semanal		Quinzenal		Mensal		Bimestral	
	GL	Quadrado médio	GL	Quadrado médio	GL	Quadrado médio	GL	Quadrado médio
Métodos	3	462.344	3	168.977	3	1.001.012*	3	8.103.745*
Resíduo	4336	452.941	4332	455.825	4140	403.175	2516	255.908

* - $P \leq 0,001$.

TABELA 2. Soma dos quadrados dos desvios (SQD) da produção estimada para a real e percentagem da soma dos quadrados (A) em relação à soma de quadrados da produção real corrigida.

Métodos	Tipo de controle							
	Semanal		Quinzenal		Mensal		Bimestral	
	SQD	A	SQD	A	SQD	A	SQD	A
PTO	22557211	4,6	22272583	4,6	28477923	6,8	36334730	22,9
PTF	24255286	4,9	21855669	4,5	25497802	6,0	40470529	25,5
PTQL	19232369	3,9	20117159	4,1	22086387	5,3	22641016	14,3

de SQD e A são os do método PTQL em todos os intervalos de controle. Observando os valores de A, para todos os métodos de estimação, vê-se que estes variam de 3,9 a 6,8% com controles semanais, quinzenais e mensais, indicando que, com estas frequências de controle, todos os métodos são satisfatórios para a estimativa da produção total. Com controles bimestrais, esta variação vai de 14,3 a 25,5%, indicando que alguns métodos devem ser descartados e outros usados com restrições, necessitando de correções para aumentar a precisão das estimativas.

As médias, erros médios em percentagem da média real, desvios-padrão, coeficientes de variação e testes de comparação das médias das estimativas da produção total pelos diferentes métodos, são mostrados nas Tabelas 3 a

TABELA 3. Médias, erros médios, desvios-padrão e coeficiente de variação para 1.085 lactações estimadas por diferentes métodos, com controle leiteiro semanal e comparação entre as médias (Teste de Tukey).

Método	Média ± erro -padrão em kg	Erro médio em relação à média real em %	Desvio-padrão em kg	Coefficiente de variação em %
PTR	2004,2 ± 20,4 a	-	672,9	33,6
PTO	2010,6 ± 20,3 a	+ 0,32	669,0	33,3
PTF	2047,4 ± 20,4 a	+ 2,16	671,1	32,0
PTQL	2004,7 ± 20,2 a	+ 0,02	665,2	33,2

As médias com a mesma letra não diferem entre si ao nível de 1% de probabilidade.

6. Nas Tabelas 3 e 4 (de controles semanais e quinzenais) observa-se que as médias obtidas pelos métodos não diferem entre si, mas o erro médio em relação à média real foi praticamente nulo quando utilizou-se o método PTQL, e este apresenta valores de 0,32 e 1,11% no PTO, e 2,16 e 1,13 no PTF, para controles semanais e quinzenais, respectivamente. Por outro lado, a média obtida pelo método PTO, com controles mensais (Tabela 5) difere da média obtida pelo PTF, e aqui também o erro médio em relação à média real foi pratica-

TABELA 4. Médias, erros médios, desvios-padrão e coeficientes de variação para 1.084 lactações estimadas por diferentes métodos, com controle leiteiro quinzenal e comparação entre as médias (Teste de Tukey).

Método	Média ± erro -padrão em kg	Erro médio em relação à mé- dia real em %	Desvio- -padrão em kg	Coefficiente de variação em %
PTR	2005,9 ± 20,4 a	-	670,9	33,4
PTO	2028,5 ± 20,4 a	+ 1,11	670,7	33,1
PTF	2028,7 ± 20,8 a	+ 1,13	663,6	32,7
PTQL	2008,2 ± 20,2 a	+ 0,11	664,9	33,1

As médias com a mesma letra não diferem entre si ao nível de 1% de probabilidade.

TABELA 5. Médias, erros médios, desvios-padrão e coeficientes de variação para 1.036 lactações estimadas por diferentes métodos, com controle leiteiro mensal e comparação entre as médias (Teste de Tukey).

Método	Média ± erro -padrão em kg	Erro médio em relação à mé- dia real em %	Desvio- -padrão em kg	Coefficiente de variação em %
PTR	2057,3 ± 19,8 ab	-	636,9	31,0
PTO	2112,0 ± 20,3 a	+ 2,65	652,4	30,9
PTF	2034,4 ± 19,1 b	+ 1,11	614,1	30,2
PTQL	2064,2 ± 19,7 ab	+ 0,34	635,8	30,8

As médias com a mesma letra não diferem entre si ao nível de 1% de probabilidade.

mente nulo quando se utilizou o método PTQL, com valores de 2,65% no PTO e -1,11% no PTF. Na Tabela 6, para controles bimestrais, apenas as médias obtidas pelo PTR e PTQL não diferem, sendo que, novamente, o erro do PTQL é praticamente nulo, o de PTO é de 5,20% e do PTF de -6,31%. Verifica-se nestas tabelas que os erros médios em relação à média real cresceram ao aumentarem os intervalos entre controles, resultado que está em concordância com os trabalhos de Jordão et al. (1947), Bailey et al. (1952), Jardim et al. (1956a e 1956b), Cunningham & Vial (1968), McDaniel (1968), Bodisco & Carvenali (1970), Lindstrom (1976) e Martinez et al. (1979b). O método PTQL mostrou o menor vício, apresentando os menores erros médios; o método PTO superestimou a produção total, mas os resultados foram satisfatórios para controles semanais, quinzenais e mensais; o método PTF superestimou a produção total com controles semanais e quinzenais e a subestimou para controles mensais e bimestrais, e, em geral, a magnitude de seus erros médios é similar à do PTO. Observa-se ainda que os coeficientes de variação para as lactações controladas bimestralmente diminuíram em relação aos valores obtidos pelos outros, pela redução ocorrida na amostra, onde restaram as vacas mais produtivas, com menor variabilidade de produção.

A Tabela 7 apresenta as distribuições dos erros em percentagens de lactações estimadas pelos diferentes métodos. As percentagens de lactações estimadas (PTO, PTF e PTQL) com erros superiores a 10% em relação à produção real (PTR), crescem à medida em que aumenta o intervalo entre controles, enquanto a percentagem de lactações com erros inferiores a 2,0% decresce com a diminuição da frequência dos controles. Estes resultados estão próximos aos verificados por Alexander & Yapp (1949), Leroy (1950), Erb et al. (1952a, 1952b), Bianchini Sobrinho (1984). Todos os métodos apresentaram resultados satisfatórios para controles semanais, quinzenais e mensais, sendo que o PTQL apresentou as menores percentagens de lactações com erros inferiores

TABELA 6. Médias, erros médios, desvios-padrão e coeficientes de variação para 630 lactações estimadas por diferentes métodos, com controle leiteiro bimestral e comparação entre as médias (Teste de Tukey).

Método	Média ± erro -padrão em kg	Erro médio em relação à média real em %	Desvio-padrão em kg	Coefficiente de variação em %
PTR	2398,9 ± 20,0a	-	501,6	20,9
PTO	2523,6 ± 21,9b	+ 5,20	550,7	21,8
PTF	2247,4 ± 17,9c	- 6,31	450,3	20,0
PTQL	2411,1 ± 20,5a	+ 0,51	515,7	21,4

As médias com a mesma letra não diferem entre si ao nível de 1% de probabilidade.

a 5%, independentemente do intervalo de controle (Tabela 8). Com controles bimestrais o PTQL teve 88,8% das lactações com erro inferior a 10%, o que pode ser considerado um bom resultado em termos de estimativa da produção total, enquanto estas percentagens, para o PTO e para o PTF, foram de 72,5 e 66,4%, respectivamente.

As Fig. 1 a 4, representam as distribuições dos erros, em percentagens de lactações, dos métodos de estimação estudados, de acordo com o tipo de controle. Nota-se claramente que a amplitude de variação aumenta com a diminuição do número de controles e que o PTQL foi o único que apresentou erros simetricamente distribuídos em torno da origem. O

TABELA 7. Distribuição dos erros, em percentagens de lactações, estimadas pelos métodos PTO, PTF e PTQL com controles semanal, quinzenal, mensal e bimestral.

Magnitude absoluta do erro (%)	Tipo de Controle											
	Semanal			Quinzenal			Mensal			Bimestral		
	PTF	PTO	PTQL	PTF	PTO	PTQL	PTF	PTO	PTQL	PTF	PTO	PTQL
(0 a 2)	48,7	65,7	63,0	46,4	50,1	52,3	29,7	27,3	41,8	13,5	16,4	30,6
(2 a 4)	22,1	18,3	21,7	25,0	25,1	27,6	24,8	25,6	29,5	13,8	14,5	22,4
(4 a 6)	10,6	5,6	7,2	10,4	11,1	9,9	21,1	21,4	13,9	11,3	17,0	18,4
(6 a 8)	6,5	2,0	2,1	6,8	4,2	3,6	11,7	9,9	6,4	15,8	13,9	10,9
(8 a 10)	3,2	1,8	0,9	3,8	1,7	1,0	5,2	5,7	2,6	12,0	10,7	6,5
> 10	8,9	6,6	5,1	7,6	7,7	5,6	7,5	10,1	5,8	33,6	27,5	11,2

TABELA 8. Percentagem de lactações estimadas (PTO, PTF e PTQL), dentro de uma dada percentagem de erro em relação à produção real.

Percentagem de erro	Tipo de Controle											
	Semanal			Quinzenal			Mensal			Bimestral		
	PTF	PTO	PTQL	PTO	PTF	PTQL	PTO	PTF	PTQL	PTO	PTF	PTQL
± 2,5	73,6	56,3	71,7	57,9	54,7	61,9	34,1	35,9	51,2	19,9	16,8	37,0
± 5,0	87,3	76,4	89,3	81,9	76,7	85,8	63,9	67,1	78,8	40,2	33,1	63,1
± 10,0	93,4	91,1	94,9	92,3	92,4	94,9	79,6	92,5	94,2	72,5	66,4	88,8

método PTO apresentou desvios em relação à normalidade para a esquerda e o PTF para a direita, para controles mensais e bimestrais.

Estimativas dos coeficientes de correlação

Os coeficientes de correlação entre as produções real e estimada pelos diferentes métodos são apresentados nas Tabelas 9 e 10. Todas as correlações estimadas entre as produções dos diferentes métodos nos diversos in-

tervalos de controle foram altas (superiores a 0,90). Estes valores encontrados estão de acordo com os obtidos por McKellip & Seath (1941), Castle & Searle (1961), Lamb & Young (1968) e Martinez et al. (1979a). Estes coeficientes não indicam que os métodos são equivalentes para a estimativa da produção total e sim que existe uma dependência linear entre as produções estimadas e a real, positiva e de alto grau, independentemente do tipo de controle e método utilizado.

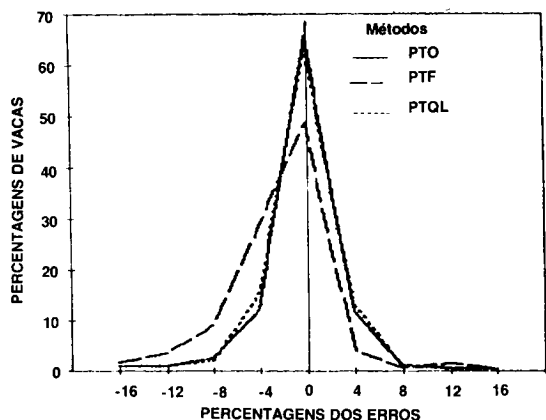


FIG. 1. Distribuições dos erros, em percentagens de lactações, estimadas pelos métodos PTO, PTF, PTQL por controle semanal.

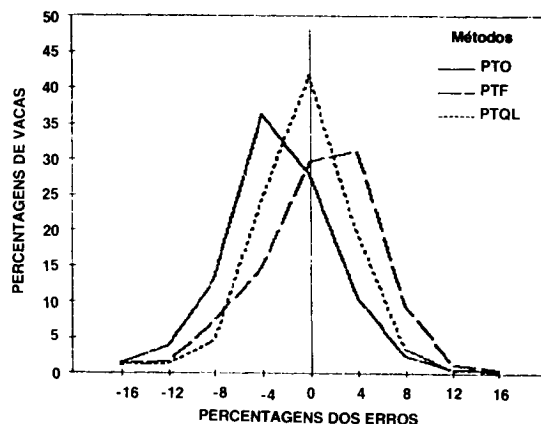


FIG. 3. Distribuições dos erros, em percentagens de lactações, estimadas pelos métodos PTO, PTF, PTQL por controle mensal.

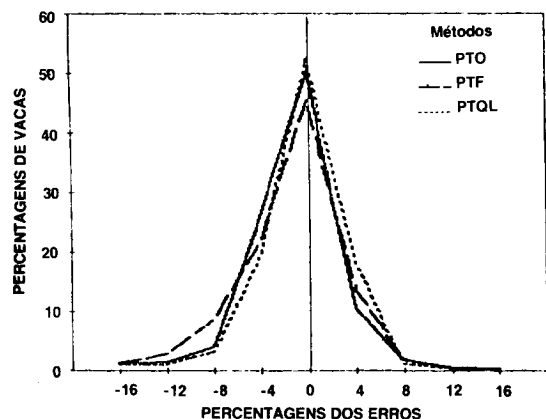


FIG. 2. Distribuições dos erros, em percentagens de lactações, estimadas pelos métodos PTO, PTF, PTQL por controle quinzenal.

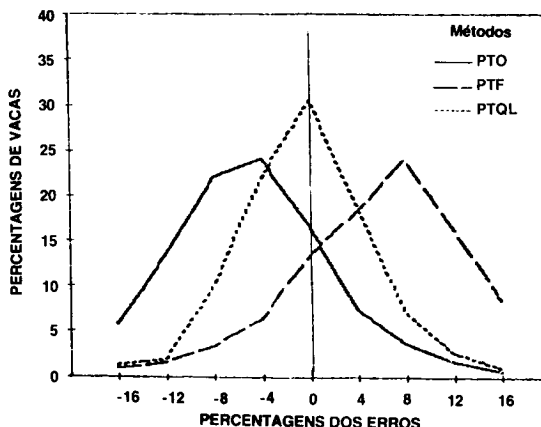


FIG. 4. Distribuições de erros, em percentagens de lactações, estimadas pelos métodos PTO, PTF, PTQL por controle bimestral.

TABELA 9. Estimativas dos coeficientes de correlação linear entre as produções estimadas e real. Controles semanais acima da diagonal. Controles quinzenais abaixo da diagonal.

Métodos	PTR	PTO	PTF	PTQL
PTR	1,0000	0,9769	0,9772	0,9802
PTO	0,9778	1,0000	0,9991	0,9931
PTF	0,9779	0,9839	1,0000	0,9934
PTQL	0,9792	0,9448	0,9931	1,0000

TABELA 10. Estimativas dos coeficientes de correlação linear entre as produções estimadas e real. Controles mensais acima da diagonal. Controles bimestrais abaixo da diagonal.

Métodos	PTR	PTO	PTF	PTQL
PTR	1,0000	0,9707	0,9685	0,9737
PTO	0,9279	1,0000	0,9784	0,9944
PTF	0,9142	0,9231	1,0000	0,9977
PTQL	0,9311	0,9696	0,9384	1,0000

TABELA 11. Análise de variância para testar os valores $A = 0$ e $B = 1$, simultaneamente, da reta de regressão $Y = A + BX$, onde Y é a produção real e X a estimada pelo método PTO.

Fonte de variação	Tipo de Controle							
	Semanal		Quinzenal		Mensal		Bimestral	
	GL	Q médio	GL	Q médio	GL	Q médio	GL	Q médio
Devido a A e B	2	95.375*	2	391.928**	2	1.150.069**	2	7.180.709**
Resíduo	1083	20.652	1082	19.860	1034	23.382	628	34.989

* $P < 0,05$

** $P < 0,01$.

Retas de regressão e teste dos parâmetros da reta

As correlações estimadas indicam que existem, entre o valor real e entre os valores estimados, uma reta de regressão do tipo $Y = A + BX$, onde Y = produção real e X = produção estimada pelos diferentes métodos. As Tabelas 11 a 13 mostram os testes simultâneos dos valores de A e B desta reta de regressão. Pode-se notar que somente o método PTQL, para controles semanais e quinzenais, pode ser tomado como o que proporciona uma estimativa perfeita da produção total de leite, pois a reta pode ser coincidente com a reta $Y = X$, uma vez que o teste para $A = 0$ e $B = 1$, simultaneamente, foi aceito ao nível de 1%. Os demais métodos estudados necessitam de correção, pois em nenhum deles, os valores de A e B podem ser tomados como iguais a 0 e 1, respectivamente.

Na Tabela 14, são apresentados os valores de A e B estimados para a reta de regressão e o teste "t" de Student para os valores de $A = 0$ ou $B = 1$, para todos os métodos e frequências de controle estudados. Para controles semanais, o método PTQL tem valores de A e B estatisticamente iguais a 0 e 1, apresentando reta coincidente com $Y = X$; o método PTF tem valor de $A = 0$ e $B \neq 1$, indicando que os desvios de estimativas aumentam à medida que

a produção total de leite aumenta; o método PTO tem valor de $A \neq 0$ e $B = 1$, indicando que existe paralelismo, mas que deve ser feita correção subtraindo o valor de A, pois o método superestimou a produção total. Para controles quinzenais, os métodos PTF e PTQL

TABELA 12. Análise de variância para testar os valores $A = 0$ e $B = 1$, simultaneamente, da reta de regressão $Y = A + BX$, onde Y é a produção real e X a estimada pelo método PTF.

Fonte de variação	Tipo de Controle							
	Semanal		Quinzenal		Mensal		Bimestral	
	GL	Q médio	GL	Q médio	GL	Q médio	GL	Q médio
Devido a A e B	2	1.109.233**	2	311.521**	2	121.933**	2	7.206.555**
Resíduo	1083	20.347	1082	10.623	1034	24.123	628	41.360

** $P < 0,001$.

TABELA 13. Análise de variância para testar os valores $A = 0$ e $B = 1$, simultaneamente, da reta de regressão $Y = A + BX$, onde Y é a produção real e X a estimada pelo método PTQL.

Fonte de variação	Tipo de Controle							
	Semanal		Quinzenal		Mensal		Bimestral	
	GL	Q médio	GL	Q médio	GL	Q médio	GL	Q médio
Devido a A e B	2	17.376	2	36.684	2	149.967**	2	792.254**
Resíduo	1083	17.726	1082	18.524	1034	21.070	628	33.529

** $P < 0,01$.

TABELA 14. Valores de A e B e Teste $B = 1$ ou $A = 0$ da reta de regressão $Y = A + BX$, onde Y é a produção real e X a estimada por diversos métodos e tipos de controle.

Métodos	Tipo de Controle							
	Semanal		Quinzenal		Mensal		Bimestral	
	A	B	A	B	A	B	A	B
PTO	28,7**	0,983	21,6	0,977**	55,3**	0,947**	265,6**	0,8453**
PTF	-2,2	0,977**	-0,2	0,988	10,8	1,006**	110,2**	1,018 **
PTQL	16,5	0,980	21,6	0,989	43,5**	0,976	215,3**	0,906 **

** $P < 0,01$.

apresentam paralelismo ($B = 1$) e o valor de A pode ser tomado como nulo; no método PTO não existe paralelismo ($B \neq 1$), apesar de A ser igual a 0. Para controles mensais, apenas o método PTQL apresenta reta paralela a $Y = X$, mas que deve ser corrigida, e o método PTF apresenta valor de A nulo. Para controles bimestrais, nenhum método apresentou paralelismo ou $A = 0$, mostrando que as estimativas da produção de leite de uma lactação não são coincidentes por nenhum método estudado.

CONCLUSÕES

1. Dentre os métodos estatísticos estudados para a estimativa da produção total de leite de uma vaca, o único que se mostrou eficiente foi o da curva quadrática logarítmica com uso de controles semanais e quinzenais, necessitando correção para ser usado em controles mensais.

2. O método anteriormente adotado no Brasil e o de intervalo entre testes apresentaram resultados similares para a estimativa com controles semanais e quinzenais, os quais necessitam de correção para estimar a produção total de leite; porém, com controles mensais, apresentaram distribuições dos erros assimétricos e estimativas não-consistentes com a real.

3. O controle bimestral é inaplicável a rebanhos de lactação curta, uma vez que reduziu drasticamente o número de observações avaliadas e não permitiu uma estimativa confiável da produção total de leite, por nenhum método.

REFERÊNCIAS

- ALEXANDER, M.H.; YAPP, W.W. Comparison of methods of estimating milk and fat production in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.32, p.611-629, 1949.
- BAILEY, N.D.; LISS, R.M.; STALLARD, J.E. A comparison of bimonthly and quarterly testing with month testing for estimating dairy cattle production. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.35, p.350-355, 1952.
- BIANCHINI SOBRINHO, E. **Estudo da curva de lactação de vacas da raça gir**. Ribeirão Preto: USP, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, 1984. 88p. Tese de Doutorado.
- BIANCHINI SOBRINHO, E.; DUARTE, F.A.M.; LOBO, R.B. Linear hyperbolic lactation curves. **Revista Brasileira de Genética**, v.9, p.271-280, 1986.
- BODISCO, V.; CARVENALI, A. Estimación de rendimientos de vacas lecheras en base a controles periódicos de producción. **Agronomia Tropical**, Macarary, v.20, n.6, p.463-469, 1970.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Produção Animal. **Regulamento do controle leiteiro**. Brasília, 1974. 205p.
- CARRÉ, D.; POLY, J.; VISSAC, B. Étude des méthodes de détermination des performances laitières. **Annales de Zootechnie**, Paris, v.7, p.243-280, 1958.
- CASTLE, O.M.; SEARLE, S.H. Use of bimonthly records in herd testing. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.44, p.1335-1343, 1961.
- CUNNINGHAM, E.P.; VIAL, V.E. Relative accuracy of different sampling intervals and methods of estimation for lactation milk yield. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, v.7, p.49-60, 1968.
- DAIRY HERD IMPROVEMENT. **Official dairy herd improvement rules**. [S.l.: s.n.], 1974. 6p.
- ERB, R.E.; GOODWIN, M.M.; MORRISON, R.A.; SHAW, A.O. Lactation studies. III. Variations in daily yield of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.35, p.967-980, 1952a.
- ERB, R.E.; GOODWIN, M.M.; MORRISON, R.A.; SHAW, A.O. Lactation studies. IV. Accuracy of different methods of estimating lactation yield. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.35, p.977-991, 1952b.
- GRAYBILL, F.A. **An introduction to linear statistical models**. New York: McGraw-Hill, 1961. 463p.
- HARVEY, W.R. **User's guide for LSML-76: mixed model least-square and maximum likelihood computer program**. Columbus:

- Ohio State University, 1977, 76p. Mimeografado.
- JARDIM, W.R.; PEIXOTO, A.M.; SILVEIRA FILHO, S.; GOMES, F.P. Estudo comparativo entre métodos de controle quantitativo da produção de leite. **Revista Ceres**, Viçosa, v.10, n.55, p.1-19, 1956a.
- JARDIM, W.R.; PEIXOTO, A.M.; SILVEIRA FILHO, S.; GOMES, F.P. Estudo sobre a precisão de alguns métodos práticos de controle leiteiro. **Revista Agrícola**, Piracicaba, v.31, p.33-44, 1956b.
- JORDÃO, L.P.; ASSIS, F.P.; MEDINA, P.; GUARAGNA, R.N. Estudo sobre a periodicidade do controle quantitativo da produção leiteira. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v.9, p.62-71, 1947.
- LAMB, R.C.; YOUNG, R.N. Relative accuracy of estimating production as affected by length of testing interval and method of estimating. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.51, p.977, 1968.
- LEDIC, I.L. **O zebu leiteiro da Fazenda Experimental Getúlio Vargas**. Belo Horizonte: EPAMIG, 1984. 28p. (Boletim Técnico, 17).
- LEDIC, I.L.; FARIA, R.S.; MACIEL, M.P.; AMARAL, R.; LANDIM, V.J.C.; BORGES, A.C.M. **Sistema de produção de leite do rebanho gir da Fazenda Experimental Getúlio Vargas - Resultados zootécnicos e econômicos do período de novembro/1985 a outubro/1986**. Uberaba: EPAMIG, 1988. 28p. (Boletim Técnico, 29).
- LEROY, A. **Élevage rationnel des animaux domestique zootechnic générale**. Paris: Librairie Machette, 1950. 255p.
- LINDSTROM, U.B.EL. Registro lechero en los países en desarrollo. **Revista Mundial de Zootecnia**, Roma, v.19, p.34-42, 1976.
- McDANIEL, B.T. Accuracy of sampling procedures for estimating lactation yield. A Review. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.52, n.11, p.1942-1961, 1968.
- McKELLIP, I.; SEATH, D.A. Comparison of the different methods of calculation yearly milk and butterfat records. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.24, p.181-189, 1941.
- MARTINEZ, M.L.; FREITAS, A.F.; MADALENA, F.E. Comparação de métodos para estimar a produção de leite com base em controles mensais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.14, n.2, p.117-122, 1979a.
- MARTINEZ, M.L.; MADALENA, F.E.; FREITAS, A.F. Frequência dos registros para seleção para produção de leite. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.14, n.3, p.243-250, 1979b.
- PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de Estatística Experimental**. 10.ed. Piracicaba: Nobel, 1982. 430p.