

SOBER

Revista de Economia e Sociologia Rural

Volume 40

Número 1

Jan. /Mar. 2002

SEPARATA



**Sociedade Brasileira de
Economia e Sociologia Rural**

IDENTIFICANDO *BENCHMARKS* NA PRODUÇÃO DE LEITE

Oscar Tupy¹

Luiz Carlos Takao Yamaguchi²

Resumo

Neste artigo, ressalta-se a importância da identificação de *benchmarks* na produção de leite e utiliza-se como ferramenta de análise a técnica de programação matemática *Data Envelopment Analysis* (DEA). Uma amostra de 54 sistemas de produção de leite, fornecedores das cooperativas filiadas à Cooperativa Central dos Produtores Rurais de Minas Gerais Ltda. (CCPR-MG), foi analisada. A eficiência técnica média estimada de 83,7% evidencia que é possível reduzir os gastos com os fatores de produção em até 16,3%, sem comprometer o nível observado da renda bruta média da atividade. A eficiência à escala média, da ordem de 85,7%, indica que é possível elevar a renda bruta média dos sistemas em até 13,3%, ajustando-se a escala de produção.

Palavras-chave: *benchmarks*, produção de leite, programação matemática, eficiência técnica e eficiência à escala.

1. Introdução

Para que os gerentes de produção possam idealizar um programa de melhoria nos níveis de operações da empresa, eles necessitam saber se esse programa será exequível. A urgência, a direção

¹ Médico-veterinário, D. Sc. Economia Aplicada e Pesquisador da Embrapa Pecuária Sudeste. E-mail: tupy@cppse.embrapa.br.

² Economista, D. Sc. Economia Rural e Pesquisador da Embrapa Gado de Leite. E-mail: takao@cnpgl.embrapa.br.

Recebido em 02/05/2001 Aceito em 19/10/2001

e as prioridades de melhoramento serão determinadas parcialmente pela identificação de que o desempenho atual de uma operação é julgado bom, ruim ou indiferente. Portanto, todas as operações produtivas precisam, de alguma forma, de *medida de desempenho* como pré-requisito para o seu melhoramento. O *benchmarking*, abordagem que algumas companhias usam para comparar suas operações com aquelas de outras companhias, é de fundamental importância nesse processo.

Originalmente, o termo *benchmark* deriva de agrimensura, em que um marco (*mark*), cortado na rocha, funciona como um ponto de referência.

Em 1989, a Xerox Corporation usou o termo *benchmarking* *concorrente* competitivo para descrever um processo. Atualmente, o termo é muito empregado no meio empresarial.

De acordo com Slack et al. (1996), existem muitos tipos diferentes de *benchmarking* que não são necessariamente mutuamente exclusivos. Entre outros, citam-se:

Benchmarking interno - É uma comparação entre operações ou partes de operações que estão dentro da mesma organização. Por exemplo, uma grande manufatura de veículos com diversas fábricas pode escolher o *benchmarking* de cada fábrica em relação às outras.

Benchmarking externo - É uma comparação entre uma operação com outras operações que são partes de diferentes organizações.

Benchmarking não-competitivo - É uma comparação contra organizações externas que não concorrem diretamente nos mesmos mercados.

Benchmarking competitivo - É uma comparação direta entre concorrentes no mesmo mercado ou em mercados similares.

Benchmarking de desempenho - É uma comparação entre níveis de desempenho atingidos em diferentes operações. Por exemplo, uma organização pode comparar seu próprio desempenho, em termos

de alguns ou de todos os seus próprios objetivos de desempenho – qualidade, elevada produção, custo –, com o desempenho de outras organizações nas mesmas dimensões.

Benchmarking de práticas - É uma comparação entre as práticas de operações de uma organização, ou processos de produção, com aquelas adotadas por outras organizações. Por exemplo, uma grande loja de varejo pode comparar seus sistemas e procedimentos para controlar níveis de estoque com aqueles usados por outras lojas de departamentos. O objetivo é, usualmente, ver se alguma coisa pode ser apreendida das práticas adotadas por outras organizações, que, então, poderiam ser transferidas para as práticas operacionais da própria organização.

Intuitivamente, produtores de leite procuram por *benchmarks* ao visitarem sistemas de produção de leite, doravante chamados de SPLs, em fazendas experimentais do governo e também de produtores particulares. Contudo, nada se pode assegurar de que os SPLs visitados são *benchmarks*. Esta é a grande questão: como identificar sistemas que são *benchmarks* na produção de leite?

A programação linear aliada à moderna economia da produção pode ser um instrumento capaz de identificar sistemas de produção para *benchmarking*, uma vez que, a partir de uma amostra de insumo-produto de vários sistemas, permite a construção de uma fronteira de produção a partir de um ou da combinação de produtores eficientes na amostra, em relação à qual os demais SPLs poderão ser avaliados.

A estimação de fronteiras em microeconomia pressupõe um comportamento otimizador para a firma, ou seja, a transformação eficiente dos insumos em produto (rações, mão-de-obra, medicamentos etc., em produção de leite, valor da produção ou receita bruta da atividade leiteira).

O *benchmarking* pode ser um instrumento valioso para os produtores, facilitando também o trabalho da pesquisa e da extensão rural, desde que sistemas de produção eficientes ou de fronteira

(*benchmarks*) sejam demandantes de tecnologia e sistemas ineficientes sejam demandantes de assistência técnica e extensão rural.

O método de programação linear mais utilizado para construir fronteiras é conhecido como *Data Envelopment Analysis* (DEA), ressaltando-se que um tratamento bem detalhado do método poderá ser encontrado em Seiford e Thrall (1990), Lovell (1993), Ali e Seiford (1993), Lovell (1994), Charnes et al. (1995), Seiford (1996), Souza et al. (1996), Alves e Gomes (1998) e Gomes (1999).

Alves e Gomes (1998) e Gomes (1999) estimaram, respectivamente, a eficiência econômica e técnica de sistemas de produção de leite no Estado de Minas Gerais, Brasil.

2. Metodologia

2.1. Fonte de Dados

Os dados utilizados neste estudo originaram de cortes transversais, levantados por meio de entrevistas realizadas com uma amostra de 54 sistemas de produção de leite (SPLs), selecionada entre os fornecedores das cooperativas filiadas à Cooperativa Central de Produtores Rurais de Minas Gerais Ltda. – CCPR-MG (Itambé), que participaram do programa de financiamento para implantação da tecnologia de pastejo rotativo em capim-elefante. A área de estudo foi a região centro-oeste do Estado de Minas Gerais, nos Municípios de Sete Lagoas, Rompeu, Bom Despacho, Abaeté e Pará de Minas. O período considerado para estudo foi de 12 meses, com final em abril e junho de 1999. As variáveis de decisão utilizadas para construção da fronteira de eficiência são “proxies” das variáveis, quantidade de produto, quantidade de capital e quantidade de mão-de-obra, típicas da função de produção clássica.

Como *proxy* da quantidade de leite vendida por SPL durante o ano e outras receitas (descarte de animais e venda de esterco), utilizou-

se a renda bruta (RB) do SPL. Como *proxy* da quantidade de mão-de-obra empregada no processo de produção, adotou-se o valor (R\$) gasto com salários e encargos (GSE) e para as quantidades consumidas de alimentos no SPL, o valor (R\$) gasto com concentrados, silagens e manutenção de pastagens (GCSMP). O valor (R\$) gasto com vacinas, medicamentos e material de limpeza e de inseminação artificial (GVMINA) representou as respectivas quantidades, e as remunerações do capital aplicado em pastagens (RCAPP), rebanho (RCAPR), instalações, máquinas e equipamentos (RCAPBME) representaram a quantidade de capital fixo empregada no processo produtivo de cada sistema. Para remuneração do capital empregado no processo produtivo, considerou-se uma taxa de 6% ao ano sobre o valor do capital.

2.2. Modelo Teórico

A melhor maneira de introduzir DEA, conforme descrito por Coelli (1996), é na forma de proporção. Desse modo, para cada firma, obtém-se a proporção de todos os produtos em relação a todos os insumos, tal como $u' y_i / v' x_i$, em que u é um vetor $M \times 1$ de pesos de produtos (y_i) e v é um vetor $K \times 1$ de pesos dos insumos (x_i). Para estimar os pesos ótimos, especifica-se o problema de programação linear como se segue:

$$\text{Max } (u' y_i / v' x_i) \quad (1)$$

sujeito a

$$u' y_j / v' x_j \leq 1, \quad j=1,2,\dots,N$$

$$u, v \geq 0 \quad v' x_i > 0$$

Isso envolve obter valores para u e v , tal que a medida de eficiência da i -ésima firma seja maximizada, sujeita à restrição de que todas as medidas de eficiência sejam inferiores ou iguais a 1. Problema com esse tipo particular de proporção é que ele tem um número infinito de soluções. Para evitar isso, pode-se impor a restrição $v' x_i = 1$, que provê

$$\begin{aligned} & \text{Max}_{u,v} (\mu'y) & (2) \\ & \text{sujeito a} \\ & v'x_i = 1 \\ & \mu'y_j - v'x_j \leq 0, j=1,2,\dots,N \\ & u, v \geq 0 \end{aligned}$$

em que a mudança de notação de u e v para μ e v reflete a transformação. Essa forma é conhecida como a forma do *multiplicador* do problema de programação linear.

Usando a dualidade em programação linear, pode-se derivar uma forma de envelope equivalente desse problema:

$$\begin{aligned} & \text{Min}_{\theta, \lambda} \theta & (3) \\ & \text{sujeito a} \\ & -y_i + Y\lambda \geq 0 \\ & \theta x_i - X\lambda \geq 0 \\ & \lambda \geq 0 \end{aligned}$$

em que θ é um escalar, cujo valor será a medida de eficiência da i -ésima firma, e o parâmetro λ é um vetor $N \times 1$, cujos valores são calculados de forma a obter a solução ótima. Para uma firma eficiente, todos os valores de λ serão zero; para uma firma ineficiente, os valores de λ serão os pesos utilizados na combinação linear de outras firmas eficientes, que influenciam a projeção da firma ineficiente sobre a fronteira calculada. Isso significa que, para uma unidade ineficiente, existe pelo menos uma unidade eficiente, cujos pesos calculados fornecerão a firma virtual da firma ineficiente, mediante a combinação linear. As unidades eficientes que, quando combinadas, fornecem a firma virtual para a firma ineficiente são conhecidas como pares ou *benchmarks* daquela firma (Gomes, 1999).

Essa forma de envelope envolve menos restrições do que a forma do multiplicador ($K+M < N+1$), sendo, portanto, a forma preferida de solução. O valor de θ obtido será o escore de eficiência para a i -ésima firma, e a condição de que $\theta \leq 1$ será satisfeita, com o valor de 1 indicando um ponto na fronteira e, portanto, uma firma

eficiente. Nota-se que o problema de programação linear deve ser resolvido N -vezes, uma para cada firma na amostra.

A medida de eficiência obtida da equação (3) é orientada para os insumos, pressupondo-se retornos constantes à escala (RC) para a tecnologia.

Além da pressuposição de RC, podem-se considerar retornos variáveis à escala (RV) para a tecnologia. A pressuposição de RC somente é apropriada quando todas as firmas estão operando em uma escala ótima. Desse modo, o problema de programação linear com retornos constantes à escala, conforme representado na equação (3), pode ser facilmente modificado para atender à pressuposição de RV pela adição de uma restrição de convexidade: $N1'\lambda = 1$, conforme demonstrado na equação (4):

$$\begin{aligned} & \text{Min}_{\theta, \lambda} \theta & (4) \\ & \text{sujeito a} \\ & -y_i + Y\lambda \geq 0 \\ & \theta x_i - X\lambda \geq 0 \\ & N1'\lambda = 1 \\ & \lambda \geq 0 \end{aligned}$$

em que $N1$ é um vetor $N \times 1$ de “uns” (de unidades). Essa restrição forma um casco convexo que “envelopa” os pontos de forma mais ajustada do que o casco cônico de RC e, portanto, provê escores de eficiência técnica que são superiores ou iguais àqueles obtidos usando o modelo com RC. A restrição de convexidade ($N1'\lambda = 1$) assegura, essencialmente, que a firma ineficiente é somente *benchmarked* com uma firma de igual tamanho. O ponto projetado para a firma sobre a fronteira DEA será uma combinação convexa de firmas observadas. Portanto, no caso DEA com RC, a firma pode ser *benchmarked* contra firmas que são substancialmente maiores (menores) do que ela (Coelli, 1996). Nesse caso, os pesos λ poderão somar um valor maior do que 1.

Dada a pressuposição de RV para a tecnologia, os escores de eficiência técnica obtidos sob a pressuposição de RC podem ser decompostos em dois componentes, um pela ineficiência à escala e outro pela ineficiência técnica pura, como apresentado nas equações (5) e (6), a seguir:

$$ET_{RC} = ET_{RV} \times E_{ESC} \quad (5)$$

$$E_{ESC} = ET_{RCE} / ET_{RV} \quad (6)$$

em que

ET_{RCE} = a eficiência técnica obtida sob a pressuposição de RC;

ET_{RV} = a eficiência técnica obtida sob a pressuposição de RV;

e

E_{ESC} = a eficiência de escala.

Contudo, a medida de eficiência de escala obtida da equação (6) não indica se a firma está operando em uma área de retornos crescentes ou decrescentes à escala. Esse problema pode ser contornado resolvendo um problema DEA adicional com retornos não-decrescentes à escala imposta. Para tanto, altera-se a equação (4) substituindo a restrição $N1' \lambda = 1$ com $N1' \lambda \leq 1$, obtendo

$$\text{Min } \theta \quad (7)$$

sujeito a

$$-y_i + Y\lambda \geq 0$$

$$\theta x_i - X\lambda \geq 0$$

$$N1' \lambda \leq 1$$

$$\lambda \geq 0$$

Os retornos crescentes e decrescentes à escala são calculados considerando a diferença entre os escores de eficiência técnica obtidos pela solução do problema DEA da equação (4) e aqueles obtidos pela solução do problema DEA da equação (7). Escores iguais indicam firmas operando com retornos decrescentes à escala e ao contrário,

com retornos crescentes. Para mais detalhes, consultar Coelli (1996).

A restrição $N1' \lambda \leq 1$ assegura que a i -ésima firma não seja *benchmarked* contra firmas substancialmente maiores do que ela, mas pode ser comparada com firmas menores.

2.3. Procedimentos para calcular os escores de eficiência dos SPL_s

As soluções dos problemas de programação linear das equações 3, 4 e 7 forneceram os escores de eficiência neste trabalho. Nas referidas equações, X é a matriz de insumos (GSE, GCSMP, GVMINA, RCAPP, RCAPR e RCABME) de dimensões ($K \times N$) e Y , o vetor de produtos (RB) de dimensões ($M \times N$) representando os dados de todos os SPLs da amostra. Têm-se ainda x_i o vetor coluna de insumos e y_i o vetor coluna de produtos representando o i -ésimo produtor. As letras gregas θ e λ foram definidas anteriormente.

O programa utilizado para implementar as soluções dos problemas de programação linear foi o DEAP - *A Data Envelopment Analysis Program* -, desenvolvido por Coelli (1996).

3. Resultados e Discussão

Os escores de eficiência técnica e de escala dos 54 sistemas de produção de leite e respectivos *benchmarks* constam da Tabela 1. Os escores de eficiência foram obtidos pressupondo RC e RV. Os SPLs exibindo retornos crescentes (CR) e decrescentes (DE) estão identificados também na Tabela 1. Observou-se que os *benchmarks* são fornecidos em relação aos escores de eficiência obtidos pressupondo retornos variáveis à escala.

A eficiência técnica média, pressupondo retornos constantes à escala para os 54 produtores, foi de 0,713 ou de 71,3%, indicando que os produtores podem, em média, reduzir até 0,297 ou 29,7% dos seus gastos com insumos sem comprometer a renda obtida com a

venda de leite no SPL.

A eficiência técnica média pressupondo retornos variáveis à escala foi de 0,837 ou 83,7%, indicando que os produtores podem, em média, reduzir até 0,163 ou 16,3% dos seus gastos com insumos sem comprometer a renda obtida com a venda de leite.

A eficiência média à escala foi de 0,857 ou de 85,7%, com 37 SPLs, aproximadamente 68,52% da amostra, na faixa de retornos crescentes. Isso significa que esses SPLs podem aumentar a sua renda bruta, aumentando a sua escala de produção. Dos demais SPLs, cinco estão operando na faixa de retornos decrescentes, o que representa cerca de 9,3% da amostra. Esses sistemas podem aumentar a renda bruta, reduzindo a sua escala de produção. Os outros 12 sistemas, representando 22,22% da amostra, operaram com retornos constantes à escala. Gomes (1999), utilizando DEA para estimar a eficiência técnica e à escala de outros sistemas de produção de leite no Estado de Minas Gerais, Brasil, obteve, para 241 produtores, eficiência técnica e à escala da ordem de 91 e 94%, respectivamente, portanto superiores às obtidas neste trabalho. Em ambos os trabalhos, pode-se considerar que as eficiências técnica e à escala estimadas estão acima das expectativas para os sistemas de produção de leite no Brasil.

Sob a pressuposição de retornos constantes à escala, verificou-se que 12 SPLs, ou 22,2% da amostra, obtiveram a eficiência técnica máxima; sob a pressuposição de retornos variáveis, 25 SPLs, ou 46,3% da amostra, obtiveram a eficiência técnica máxima.

Na Tabela 1, podem-se observar ainda, para cada SPL, os sistemas referência ou *benchmarks*, contra os quais cada SPL foi avaliado, ou seja, os sistemas que definiram a parte relevante da fronteira para cada SPL na amostra. Por exemplo, o SPL 1 teve como *benchmarks* os sistemas 29, 39 e 50.

A partir das análises, podem-se construir relatórios individuais para os sistemas, o que é de fundamental importância para a administração da produção. A título de exemplo, é apresentado na Tabela 2 o relatório emitido para o SPL 1.

Tabela 1 – Sumário de eficiência

SPLs	RC	RV	Escala	CR e DE	Benchmarks	SPLs	RC	RV	Escala	CR e DE	Benchmarks
01	0,661	0,678	0,976	DE	29,39,50	28	0,412	0,625	0,659	CR	36,32,7
02	0,428	0,471	0,908	DE	29,39,50	39	1,697	1,000	1,000	DE	29
03	0,376	0,573	0,658	CR	26,43,39,12	30	1,697	1,000	1,000	DE	50,54,37,39,29
04	1,000	1,000	1,000	CR	4	31	1,000	1,000	1,000	CR	11
05	0,535	0,551	0,971	CR	33,39,34	32	0,518	1,000	1,000	CR	32
06	0,649	0,654	0,993	CR	54,36,34,33	33	1,000	1,000	1,000	CR	33
07	0,451	1,000	0,451	CR	7	34	1,000	1,000	1,000	CR	34
08	0,561	0,627	0,893	CR	43,34,26	35	0,388	1,000	0,388	CR	35
09	0,598	0,635	0,941	DE	29,39,50	36	0,761	1,000	0,761	CR	36
10	0,748	0,793	0,943	DE	37,54,18,43,38	37	1,000	1,000	1,000	CR	37
11	0,519	0,526	0,985	CR	50,37,18	38	1,000	1,000	1,000	CR	38
12	0,569	1,000	0,569	CR	12	39	1,000	1,000	1,000	CR	39
13	0,798	0,864	0,962	DE	50,29,25	40	0,840	1,000	0,840	CR	40
14	0,798	0,864	0,962	DE	39,17,37	41	0,293	0,578	0,507	CR	39,31,43,12
15	0,516	0,616	0,637	CR	34,7,18,31,43,14	42	0,463	0,860	0,810	CR	14,43,18,39,37
16	0,640	0,800	0,777	CR	43,27,37	44	0,408	0,425	0,399	CR	43
17	0,840	0,922	0,694	CR	45	45	0,550	1,000	0,550	CR	54,50,39,18
18	0,965	1,000	0,965	CR	37,50,18	46	0,802	0,636	0,959	CR	50,39,18
19	0,603	0,649	0,928	CR	33,54,29,37,39	47	0,505	0,859	0,587	CR	27,38,36,32,51
20	0,837	0,836	0,999	DE	18,39,50	48	0,704	0,710	0,991	CR	18,50
21	0,806	0,836	0,984	CR	18,37,32,38	49	0,861	0,877	0,982	CR	37,43,39,18
22	0,708	0,793	0,993	CR	54,50,39,37,18	50	1,000	1,000	1,000	CR	50
23	0,618	0,621	0,995	CR	25	51	0,795	1,000	0,795	CR	51
24	0,415	0,426	0,973	CR	25	52	1,000	1,000	1,000	CR	52
25	0,415	0,426	0,973	CR	27	53	0,489	0,875	0,599	CR	53
26	0,632	1,000	0,632	CR	27	54	1,000	1,000	1,000	CR	54
27	0,487	1,000	0,487	CR	27	54	1,000	1,000	1,000	CR	54

Fonte: dados desta pesquisa.

Tabela 2 – Relatório individual de resultados e análise do SPL 1

Variáveis	Sumário do SPL			
	Valor Observado	Radial Movimento	Folga	Valor Projetado
RB	139.953,60	0,00	0,00	139.953,60
GSE	21.963,00	-7.082,14	-4.933,33	9.947,54
GVMINA	6.357,60	-2.050,06	-916,14	3.391,41
GCSMP	34.598,09	-11.156,42	-3.286,24	20.155,43
RCAPP	597,48	-192,66	-0,000	404,82
RCAPR	11.640,00	-37.53,41	0,000	7.886,60
RCAPBME	23.920,90	-7.713,48	-7.847,23	8.360,20

Benchmarks : SPLs 29, 39 e 50
 Pesos (λ): 0,004; 0,326; e 0,671
 Eficiência técnica (Θ): 0,678 ou 67,8%
 Eficiência de escala: 0,976 ou 97,6%

Fonte: dados desta pesquisa.

O SPL 1 obteve uma eficiência técnica média de 67,8%, estimada em relação aos seus *benchmarks*, conforme mostrado na Tabela 2. Essa estimativa evidencia que o SPL 1 gastou, com mão-de-obra, alimentação, inseminação artificial, sanidade e inseminação e remuneração do capital investido em pastagens, rebanho, máquinas e equipamentos, 33,2% a mais do que deveria para se obter uma renda bruta de R\$139.953,60. Isso pode ser verificado, estimando-se a razão entre a soma dos gastos projetados (obtidos pela diferença entre os gastos observados e a soma dos valores do movimento radial e da folga)³ e os gastos observados com mão-de-obra, alimentação do rebanho, vacinas, medicamentos, material de limpeza, inseminação artificial e remuneração do capital (Tabela 2).

Para cada R\$1,00 faturado, o SPL 1 gastou R\$0,71 (gastos observados com insumos e remuneração do capital/renda bruta), ao contrário do seu principal *benchmark*, o SPL 50 ($\lambda = 0,671$)⁴, que, para cada R\$1,00 faturado, gastou R\$0,55 (Tabela 3).

Tabela 3 – Relatório individual de resultados e análise do SPL 50

Variáveis	Sumário do SPL			
	Valor Observado	Movimento Radial	Folga	Valor Projetado
RB	108.752,00	0,000	0,000	108.752,00
GSE	13.306,40	0,000	0,000	13.306,40
GVMINA	3.793,42	0,000	0,000	3.793,42
GCSMP	27.624,66	0,000	0,000	27.624,66
RCAPP	390,90	0,000	0,000	390,90
RCAPR	5.267,40	0,000	0,000	5.267,40
RCAPBME	9.917,07	0,000	0,000	9.917,07

Benchmark: SPL 50
 Pesos (λ): 1,000
 Eficiência técnica (Θ): 1,000 ou 100%
 Eficiência de escala: 1,000 ou 100%

Fonte: dados desta pesquisa.

³Ver Coelli et al. (1998) e Gomes (1999) para explicação da folga na forma linear da fronteira não-paramétrica, obtida pela DEA. Quanto ao valor do movimento radial, este representa a ineficiência da firma em relação à fronteira. A medida de ineficiência da firma é uma medida radial; para mais detalhes, consultar Coelli (1996).

⁴O principal *benchmark*, ou o produtor eficiente que mais influencia na medida de eficiência do produtor ineficiente, é aquele que tem o maior peso (λ), a projeção do ponto ineficiente para outro eficiente encontrado no conjunto de soluções dos problemas de programação linear.

4. Conclusões

No presente trabalho, procurou-se enfatizar a importância da identificação empírica de *benchmarks* na produção de leite. O *benchmark* serve a propósitos de pesquisa e de extensão, facilitando a identificação de demandas tecnológicas e o processo de aprendizado em gestão dos sistemas de produção de leite. O método utilizado na identificação de *benchmarks* fornece relatórios individuais de eficiência técnica e de escala para cada sistema da amostra, favorecendo o seu gerenciamento no que se refere à utilização racional dos fatores de produção empregados na produção de leite. A adoção do método empregado neste trabalho por cooperativas e por empresas privadas de laticínios com serviços de fomento favorecerá o gerenciamento em bases mais racionais dos grupos de produtores, contribuindo para uma economia substancial de recursos escassos.

Referências Bibliográficas

ALI, A.I.; SEIFORD, L.M. "The mathematical programming approach to efficiency analysis". In: FRIED, H.O.; LOVELL, C.A.K.; SCHMIDT, S.S. (Eds.). **The measurement of productive efficiency: techniques and applications**. New York: Oxford University Press, 1993. p.120-159.

ALVES, E.; GOMES, A. P. Medidas de eficiência na produção de leite. **Revista Brasileira de Economia**, v. 52, n. 1, p. 145-167, 1998.

CHARNES, A.; COOPER, W.W.; LEWIN, A. Y.; SEIFORD, L.M. **Data envelopment analysis: theory, methodology and applications**. Boston: Kluwer Academic Publishers, 1995.

COELLI, T.J. **A guide to DEAP version 2.1: a data envelopment analysis program**. Armidale, Austrália: University of New England, 1996. 49 p. (CEPA Working Papers, 08/96).

COELLI, T.J. **Multi-stage methodology for the solution of orientated dea models**. Armidale, Austrália: University of New England, 1998. 15 p. (CEPA Working Papers, 01/98).

GOMES, A. P. **Impactos das transformações da produção de leite no número de produtores e requerimentos de mão-de-obra e capital**. Viçosa, MG: UFV, Impr. Univ., 1999. 157 p. Tese (Doutorado em Economia Rural) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

LOVELL, C.A.K. "Production frontiers and productive efficiency". In: FRIED, H.O.;

LOVELL, C.A.K.; SCHMIDT, S.S. (Eds.). **The measurement of productive efficiency: techniques and applications**. New York: Oxford University Press, 1993. p. 3-67.

LOVELL, C.A.K. **Linear programming approaches to the measurement and analysis of productive efficiency**. [S.l.: s.n.], 1994. p. 175-248.

SEIFORD, L.M. Data envelopment analysis: the evolution of the state of the art (1978-1995). **Journal of Productivity Analysis**, v. 7, n. 2, p. 99-138, 1996.

SEIFORD, L.M.; THRALL, R.M. Recent developments in DEA: the mathematical approach to frontier analysis. **Journal of Econometrics**, v. 46, n.1, p. 7-38, 1990.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; HARLAND, C.; JOHNSON, R.
Administração da produção. São Paulo: Atlas, 1997. p. 586-592.

SOUZA, G.S.; ALVES, E.; ÁVILA, A.F.D.; CRUZ, E.R.
Produtividade e eficiência relativa de produção em sistemas de produção
de pesquisa agropecuária. **Revista Brasileira de Economia**, v. 51,
n. 3, p. 281-307, 1997.