

Técnicas para avaliação da eficiência na produção de leite

$\text{Min}_{\theta, \lambda} \theta$

Sujeito a:

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

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

$$N1'\lambda = 1$$

$$\lambda \geq 0.$$

$$AEI = ECI/ETI.$$

República Federativa do Brasil

Luiz Inácio Lula da Silva

Presidente

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Roberto Rodrigues

Ministro

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa

Conselho de Administração

Luís Carlos Guedes Pinto

Presidente

Alexandre Kalil Pires

Cláudia Assunção dos Santos Viegas

Hélio Tollini

Ernesto Paterniani

Membros

Diretoria Executiva

Silvio Crestana

Diretor-Presidente

José Geraldo Eugênio de França

Kepler Euclides Filho

Tatiana Deane de Abreu Sá

Diretores-Executivos

Embrapa Pecuária Sudeste

Nelson José Novaes

Chefe-Geral

Airton Manzano

Chefe-Adjunto de Administração

Alfredo Ribeiro de Freitas

Chefe-Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento

Sérgio Novita Esteves

Chefe-Adjunto de Comunicação, Negócios e Apoio

*ISSN 1518-4757
Dezembro, 2005*

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Pecuária Sudeste
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Documentos 47

Técnicas para avaliação da eficiência na produção de leite

Oscar Tupy
Sérgio Novita Esteves
André Luiz Monteiro Novo
Eli Antônio Schiffler
Armando de Andrade Rodrigues

São Carlos, SP
2005

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Pecuária Sudeste

Rod. Washington Luiz, km 234
Caixa Postal 339
Fone: (16) 3361-5611
Fax: (16) 3361-5754
Home page: www.cppse.embrapa.br
E-mail: sac@cppse.embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: Alberto C. de Campos Bernardi
Secretário-Executivo: Edison Beno Pott
Membros: Carlos Eduardo Silva Santos,
Maria Cristina Campanelli Brito,
Odo Primavesi, Sônia Borges de Alencar

Revisor de texto: Edison Beno Pott
Normalização bibliográfica: Sônia Borges de Alencar
Editoração eletrônica: Maria Cristina Campanelli Brito

1ª edição

1ª impressão (2005): 100 exemplares

Todos os direitos reservados.

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

Tupy, Oscar

Técnicas para avaliação da eficiência produtiva na produção de leite / Oscar Tupy... [et al.]. -- São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2005.

1CD-ROM; 4^{3/4} pol., em caixa cartonada 14 x 15 x 3 cm. _
(Embrapa Pecuária Sudeste. Documentos, 47).

1. Técnicas - Eficiência - Produção de Leite - I. Tupy, O. II. Esteves, S.N. III. Monteiro Novo, A.L. IV. Schiffler, E.A. V. Rodrigues, A.A. VI. Título. VII. Série.

CDD 338.1

© Embrapa 2005

Autores

Oscar Tupy

Pesquisador, Embrapa Pecuária Sudeste,
Rod. Washington Luiz, km 234, Caixa Postal,
339, CEP: 13560-970, São Carlos, SP.
Endereço eletrônico: tupy@cppse.embrapa.br

Sérgio Novita Esteves

Pesquisador, Embrapa Pecuária Sudeste,
Rod. Washington Luiz, km 234, Caixa Postal,
339, CEP: 13560-970, São Carlos, SP.
Endereço eletrônico: sergio@cppse.embrapa.br

André Luiz Monteiro Novo

Técnico Especializado I, Embrapa Pecuária
Sudeste, Rod. Washington Luiz, km 234, Caixa
Postal, 339, CEP: 13560-970, São Carlos, SP.
Endereço eletrônico: andren@cppse.embrapa.br

Eli Antônio Schiffller

Técnico Especializado I, Embrapa Pecuária
Sudeste, Rod. Washington Luiz, km 234, Caixa
Postal, 339, CEP: 13560-970, São Carlos, SP.
Endereço eletrônico: eli@cppse.embrapa.br

Armando de Andrade Rodrigues

Pesquisador, Embrapa Pecuária Sudeste,
Rod. Washington Luiz, km 234, Caixa Postal,
339, CEP: 13560-970, São Carlos, SP. Endereço
eletrônico: armando@cppse.embrapa.br

Agradecimentos

Os dados analisados neste trabalho foram obtidos com o auxílio do Programa EMBRAPA/PRODETAB e com a grande contribuição das Cooperativas de Laticínios do Estado de São Paulo e de seus cooperados. Os autores agradecem a contribuição dessas instituições e dos produtores de leite envolvidos no trabalho, cujos resultados a eles pertencem.

SUMÁRIO

1- O conceito de eficiência	8
2- Importância da avaliação da eficiência para produtores, cooperativas, empresas privadas de laticínios e instituições de pesquisa e de transferência de tecnologia	12
3 - Técnicas de avaliação de eficiência	15
4- Aplicações das técnicas de avaliação da eficiência na produção de leite.....	20
4.1- Avaliação da eficiência técnica na produção de leite	21
4.1.1- Dados utilizados	21
4.1.2- Modelo empírico de análise empregado	23
4.1.3- Procedimentos para implementar o modelo	24
4.1.4- Resultados e discussão	25
4.2 - Avaliação da eficiência de custo	29
4.2.1- Dados utilizados	30
4.2.2 - Modelo empírico de análise empregado	31
4.2.3 - Resultados e discussão	33
5 - Comentários finais.....	38
6 - Referências Bibliográficas	40

Técnicas para avaliação da eficiência na produção de leite

Oscar Tupy

Sérgio Novita Esteves

André Luiz Monteiro Novo

Eli Antônio Schiffler

Armando de Andrade Rodrigues

1 – O conceito de eficiência

Sempre que se discute o desempenho de uma unidade produtiva, diz-se que ela é mais ou menos eficiente ou mais ou menos produtiva. Muitas vezes o termo eficiência é confundido com o termo produtividade. Para uma unidade de produção, a produtividade deve ser entendida como a relação entre as quantidades de seus produtos e insumos. Tal relação é fácil de computar se um único insumo é utilizado na produção de um único produto. Usualmente, empregam-se diferentes insumos na produção de um ou mais produtos. No caso de vários produtos, esses deverão ser agregados no numerador de alguma maneira economicamente sensível, o mesmo devendo ser feito para os insumos no denominador. Assim, a produtividade permanecerá como a relação de dois escalares. A produtividade varia em decorrência de diferenças na tecnologia de produção, da eficiência na condução dos processos de produção e do ambiente em que ocorre a produção. Quanto à eficiência de uma unidade produtiva, esta é entendida como a comparação entre valores observados e valores ótimos de insumos e produtos. Essa comparação pode assumir a forma de relação entre a quantidade do produto obtido e o seu nível máximo, dada a quantidade do insumo utilizada, ou a relação da quantidade de insumo utilizada e o seu mínimo requerido para produzir, dada a quantidade de produto obtida, ou alguma combinação dos dois. Nessa comparação, o ótimo é definido em termos de possibilidades de produção e diz respeito à eficiência técnica. O ótimo pode também ser definido em termos do objetivo comportamental da unidade produtiva, cuja medida é obtida comparando-se o custo (lucro ou

receita) observado com o custo (lucro ou receita) ótimo, dando como resultado a estimativa de eficiência econômica (Lovell, 1993).

Na abordagem tradicional, a medida de produtividade pressupõe que o produto observado é o produto de fronteira. Nesse contexto, a pressuposição implícita é que o produto observado em todo o período é tecnicamente eficiente.

Embora muitos autores considerem o crescimento da produtividade e o progresso técnico como sinônimos, existe um pequeno mas crescente grupo de autores que distingue os dois conceitos. O crescimento da produtividade pode ser definido como a mudança líquida no produto devida à mudança na eficiência e à mudança técnica. Entende-se a mudança na eficiência como a mudança na distância do produto observado em relação à sua fronteira. Entende-se a mudança técnica como o deslocamento da fronteira de produção. Ao contrário da abordagem tradicional, a abordagem de fronteira para medição da produtividade incorpora explicitamente a ineficiência e computa mudanças na eficiência (Grosskopf, 1993).

A eficiência produtiva tem dois componentes, o puramente técnico (físico) e o alocativo (preço). O primeiro refere-se à habilidade de se evitar perdas produzindo tanto produto quanto os insumos utilizados permitem ou utilizando o mínimo de insumo possível no processo de produção. Nesse caso, a análise da eficiência técnica pode ter orientação no sentido de aumentar o produto ou poupar os insumos. O segundo componente refere-se à habilidade de combinar insumos e produtos em proporções ótimas, dados os seus preços (Lovell, 1993).

Para Evanoff & Israilevich (1991), uma firma, além de ser eficiente na utilização dos insumos (eficiência técnica e alocativa), deverá também ser eficiente no produto (eficiência de escala). Uma firma eficiente no produto opera onde existem retornos constantes à escala, ou seja, onde mudança no produto resulta em mudança proporcional nos custos. Além disso, produzir mais de um produto pode resultar em vantagens adicionais, por exemplo, a redução de custos. Se o custo de produzir conjuntamente for menor do que o custo resultante do processo de produção individual, diz-se

que a economia de escopo está presente. Conclui-se, portanto, que uma firma poderá ser considerada eficiente no produto, na utilização dos insumos ou em ambos. A eficiência no produto poderá ser analisada a partir dos conceitos de eficiência de escala (um único produto) e de escopo (mais de um produto) e a eficiência na utilização dos insumos, a partir da análise da eficiência técnica e alocativa.

A ineficiência técnica resulta do uso excessivo de insumos na obtenção de determinado nível de produto, enquanto a ineficiência alocativa resulta do emprego desses mesmos insumos em proporções inadequadas, dados os seus preços. Em ambos os casos, o custo não será minimizado (Forsund et al., 1980).

Para Atkinson & Cornwell (1994), uma firma é tecnicamente ineficiente se, por um lado, não utilizar o nível técnico mínimo de insumos, dado o produto. Por outro lado, será alocativamente ineficiente quando a taxa marginal de substituição entre quaisquer dois de seus insumos não for igual à razão dos seus preços correspondentes.

Os estudos sobre eficiência em economia têm como marco o trabalho pioneiro de Farrel (1957). Esse autor concentrou a medição da eficiência na utilização dos insumos. Para definir a eficiência, tomou como exemplo uma firma que emprega dois insumos x_1 e x_2 para produzir um único produto y . A tecnologia de produção foi resumida por uma função de produção linearmente homogênea, $y = f(x_1, x_2)$, que pode ser especificada como $1 = f(x_1/y, x_2/y)$, a qual permite que todas as informações relevantes sejam representadas por uma isoquanta unitária eficiente SS' (Figura 1), caracterizando a tecnologia de fronteira. Se a firma observada utiliza (x_1^0, x_2^0) para produzir y^0 , o ponto **A** representa $(x_1^0/y^0, x_2^0/y^0)$. Por definição, nenhuma firma pode ficar abaixo da isoquanta (SS'). Têm-se y^0 , x_1^0 ; x_2^0 , respectivamente, como, o nível observado do produto, e os níveis dos insumos 1 e 2 empregados na produção de y^0 , pela firma observada. A razão entre as distâncias da origem aos pontos **B** e **A**, ou seja, **OB/OA**, mede a eficiência técnica, que é a razão dos insumos necessários

(ótimos ou coeficientes técnicos da tecnologia) para produzir y^0 , em relação aos insumos utilizados.

Como a linha w w' é a curva de isocusto que representa a razão de preço dos insumos, então a razão entre as distâncias da origem O aos pontos C e B , ou seja, OC/OB , mede a eficiência alocativa, uma vez que o custo do ponto C é o mesmo que aquele do ponto E , alocativamente eficiente. O custo do ponto C é menor do que aquele do ponto B , tecnicamente eficiente, mas alocativamente ineficiente. Finalmente, a relação OC/OA mede a eficiência total ou eficiência econômica.

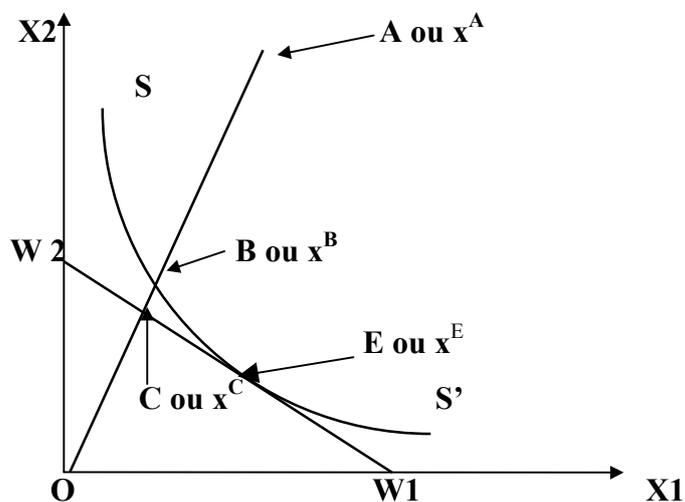


Figura 1 – Representação gráfica da análise de Farrel sobre eficiência técnica e alocativa.

Ainda na Figura 1, a eficiência técnica, ou seja, $ET = OB/OA$, será igual a 1 se a firma no ponto A puder alcançar SS' . Porém, se aproximará de zero quando a distância entre B e A aumentar. Portanto, a eficiência técnica varia de zero a 1. Uma firma que opera no ponto B é tecnicamente eficiente, mas isso não significa que estará operando com a combinação mais lucrativa dos fatores de produção, dados os preços relativos. Portanto, a firma no ponto A também tem ineficiência de preço (alocativa), que varia de zero a 1 e é causada pela proporção incorreta (não ótima) dos fatores que utiliza. A eficiência alocativa da firma no ponto A , ou seja, $EA =$

OC/OB , é a razão entre o custo de produzir sobre SS' com a melhor proporção de fatores e o custo de produzir sobre SS' com a proporção de fatores de A . A eficiência econômica da firma no ponto A , ou seja, $EE = OC/OA$, é a combinação das medidas de ET e EA , isto é, $EE = ET \times EA$. Esta medida é igual à razão entre o custo unitário de produzir com a melhor tecnologia, ponto E da Figura 1, e o custo unitário de produção da firma no ponto A a preços correntes dos fatores.

Se x^A , x^B e x^C forem vetores com coordenadas nos pontos A , B e C da Figura 1 e $\|x\|$, o comprimento do vetor x , as medidas de eficiência de Farrel podem ser expressas de acordo com as seguintes equações:

$$ET(A) = \frac{\|x^B\|}{\|x^A\|} \quad (1)$$

$$EA(A) = \frac{\|x^C\|}{\|x^B\|} \quad \text{e,} \quad (2)$$

$$EE(A) = \frac{\|x^C\|}{\|x^A\|} \quad (3)$$

2 – Importância da medição da eficiência para produtores, cooperativas, empresas privadas de laticínios e instituições de pesquisa e de transferência de tecnologia

Antes que os gerentes de produção possam idealizar sua abordagem para o melhoramento de suas operações, eles precisam saber quão boa ela é. A urgência, a direção e as prioridades de melhoramento serão determinadas parcialmente pela identificação do desempenho atual de uma operação, isto é, conforme for julgado bom, ruim ou indiferente. Todas as operações produtivas, portanto, precisam de alguma forma de *medida de desempenho*, como pré-requisito para melhoramento. Nesta perspectiva,

nos últimos anos, economistas e formuladores de política (*policy makers*) têm dispensado considerável atenção ao estudo da eficiência. De uma perspectiva aplicada, o estudo da eficiência tornou-se importante, porque esse é o principal passo de um processo que pode conduzir à economia substancial de recursos. Os recursos poupados têm implicações importantes para a formulação de políticas e para a administração da empresa, sendo os ganhos em eficiência particularmente importantes em períodos de estresse financeiro e em ambientes competitivos (Bravo-Ureta & Rieger, 1991).

Segundo Lovell (1993), a principal razão para avaliar a eficiência de uma empresa é que a eficiência é um indicador de sucesso, uma medida do desempenho, pelas quais as empresas devem ser avaliadas.

A avaliação e a análise da eficiência poderão ser úteis para fins estratégicos (comparação com outras empresas), táticos (permitir às empresas identificarem fatores prejudiciais ao seu desempenho técnico e econômico), de planejamento (comparar os resultados do uso de diferentes combinações de fatores) ou outros relacionados à sua administração interna.

Para as instituições ligadas a pesquisa e desenvolvimento, a avaliação da eficiência poderá ser útil na proposição de ações que efetivamente contribuam para o melhoramento da eficiência atual das empresas, no desenvolvimento de novas tecnologias para aumentar a produtividade e no reconhecimento da lacuna entre o potencial de produção de uma tecnologia e o atual nível de produção obtido.

Uma vez quantificada a ineficiência e identificados os seus fatores condicionantes, muitos prejuízos poderão ser evitados. Além disso, a identificação dos fatores condicionantes de níveis elevados de eficiência poderá ser também extremamente valiosa e relevante, podendo as empresas de elevada eficiência tornarem-se referência ou *benchmarks* para as demais.

Originalmente, o termo *benchmark* deriva da agrimensura, onde um marco (*mark*), cortado na rocha, funciona como 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. (1997), existem muitos tipos de *benchmarking* (que não são necessariamente mutuamente exclusivos), alguns dos quais são listados a seguir:

- *Benchmarking interno* – é a 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 fazer o *benchmarking* de cada fábrica em relação às outras.
- *Benchmarking externo* – é a comparação entre uma operação e outras operações que são partes de diferentes organizações.
- *Benchmarking não competitivo* – é o *benchmarking* contra organizações externas, que não concorrem diretamente nos mesmos mercados.
- *Benchmarking competitivo* – é a comparação direta entre concorrentes no mesmo mercado ou em mercados similares.
- *Benchmarking de desempenho* – é a comparação entre níveis de desempenho atingidos em diferentes operações. Por exemplo, a organização pode comparar o próprio desempenho em termos de alguns ou de todos os seus objetivos de desempenho – qualidade, elevada produção, custo – com o desempenho de outras organizações nas mesmas dimensões.
- *Benchmarking de práticas* – é a comparação entre as práticas de operação de uma organização, ou forma de fazer as coisas, com aquelas adotadas por outra organização. 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 aprendida das práticas adotadas por outras organizações, que então poderia ser transferida para as práticas operacionais da própria organização.

Intuitivamente, produtores de leite procuram por *benchmarks* ao visitarem sistemas de produção de leite (SPL) em fazendas experimentais do governo e também de produtores particulares. Contudo, nada lhes assegura que os SPLs visitados são *benchmarks*. Essa é a grande questão: como identificar sistemas que possam servir como *benchmarks* para produção de leite?

Algumas técnicas, como, por exemplo, a programação linear, aliada à moderna economia da produção, podem ser utilizadas como instrumental capaz de identificar sistemas de produção para *benchmarking*, uma vez que, a partir de uma amostra de insumo-produto, por exemplo, leite produzido e gastos com concentrados de vários sistemas, permitem a construção de uma fronteira de produção a partir de um produtor ou da combinação de produtores eficientes na amostra, em relação aos quais os demais SPLs poderão ser avaliados.

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

O *benchmarking* pode ser um instrumento valioso para produtores, facilitando também o trabalho da pesquisa e da extensão rural, desde que sistemas de produção eficientes ou de fronteira (*benchmarks*) são demandantes de tecnologia e sistemas ineficientes demandam assistência técnica e extensão rural.

O método de programação linear mais utilizado para construir fronteiras é conhecido como *data envelopment analysis* (DEA). Tratamento bem detalhado do método poderá ser encontrado em Coelli (1996).

3 – Técnicas de avaliação de eficiência

A eficiência de uma empresa, na dimensão dos insumos, pode ser obtida a partir da estimativa de uma função de fronteira. A função-fronteira é o padrão em relação ao qual será medida a eficiência da firma observada.

Esse é o caso das funções de produção, custo e lucro, todas definidas como conceitos de fronteira. Por exemplo, funções de produção-fronteira dão o máximo produto possível, dado algum nível de insumos. Similarmente, uma função de custo-fronteira dá o nível mínimo de custo com o qual é possível produzir algum nível de produto, dados os preços dos insumos. Finalmente, uma função de lucro-fronteira dá o máximo lucro possível de ser atingido, dado o preço do produto e os preços dos insumos. A importância desta abordagem na análise de eficiência é que desvios dessas fronteiras podem ser interpretados como ineficiência.

O montante pelo qual uma firma fica abaixo de suas fronteiras de produção e de lucro e o montante pelo qual ela fica acima da sua fronteira de custo são considerados, respectivamente, como medida de ineficiência técnica, de lucro e de custo. Assim, a medida de ineficiência tem sido a principal motivação para estudo de fronteiras, sendo que na literatura existem diferentes métodos de medição (Forsund et al., 1980).

Segundo Bauer (1990), existem dois paradigmas sobre a construção de fronteiras, um, não-paramétrico, que utiliza técnicas de programação matemática, e outro, paramétrico e estocástico (econométrico). A maior vantagem da técnica de programação matemática é que esta não impõe uma forma funcional explícita sobre os dados. Contudo, a fronteira calculada pode ser *deformada* se os dados são *contaminados* por ruídos estatísticos. O método econométrico, entretanto, pode manipular esses ruídos estatísticos, mas impõe uma forma funcional explícita e possivelmente restritiva para a tecnologia.

Os métodos acima diferem, portanto, no modo como a fronteira é especificada (não-paramétrica e paramétrica), como a fronteira é construída (técnicas estatísticas ou de programação), e no modo como os desvios da fronteira são interpretados: ineficiência ou uma mistura de ineficiência e ruído (Lovell & Schmidt, 1988).

A abordagem de programação permite a derivação de uma fronteira para cada firma, na amostra, baseada no produto e na utilização de insumos por todas as firmas da amostra. Quando se considera o caso simples de

uma firma com um produto e dois insumos, o problema de programação linear para a ineficiência técnica pode ser escrito, segundo Evanoff e Israilevich (1991), como:

$$\text{Min} \Theta^A, \quad (4)$$

sujeito a

$$y^A \leq \alpha^1 y^1 + \alpha^2 y^2 + \dots + \alpha^n y^n$$

$$\Theta^A x_1^A \geq \alpha^1 x_1^1 + \alpha^2 x_1^2 + \dots + \alpha^n x_1^n$$

$$\Theta^A x_2^A \geq \alpha^1 x_2^1 + \alpha^2 x_2^2 + \dots + \alpha^n x_2^n$$

$$\alpha^i \geq 0,$$

em que Θ^A é a fração do insumo observada que poderia ser usada para produzir o máximo de um dado nível de produto y^A , para a observação A; x_1 e x_2 são as quantidades dos dois insumos empregados pelas firmas da amostra; os α 's são os pesos gerados para cada observação por processo de otimização, com uso de técnica de programação linear, na obtenção de valor ótimo para Θ ; A é a firma ou a observação que se está avaliando e os sobrescritos 1, 2 ... n denotam outras firmas da amostra. Novamente, $\Theta^A = \frac{OB}{OA}$ para a firma no ponto A, como na Figura 1. Assim, obtém-se a menor fração dos insumos utilizados que poderia produzir um nível de produto no mínimo maior do que aquele observado para a firma A.

Programas lineares adicionais poderão também ser resolvidos para derivar a eficiência alocativa (Evanoff & Israilevich, 1991; Lovell, 1993).

O método econométrico (paramétrico e estocástico), simultaneamente proposto por Aigner et al. (1977) e Meeusen & Van den Broeck (1977), permite, com base num modelo de função de produção estocástico com erro multiplicativo, estimar a fronteira de produção estocástica e a eficiência relativa a esta, ou seja:

$$y_i = f(x_i, \beta) e^\varepsilon . \quad (5)$$

em que

y_i representa o produto da i -ésima firma;

X_i representa o vetor de insumos da i -ésima firma;

f é a função de produção;

β representa um vetor de k parâmetros desconhecidos; e

ε é um erro estocástico composto de dois elementos independentes,

ou seja,

$$\varepsilon = v - u . \quad (6)$$

O componente v é simétrico e permite variação ao acaso da fronteira através das firmas, capturando erros de medição, ruídos estatísticos e choques aleatórios fora do controle da firma. O componente u é assimétrico e captura os efeitos de ineficiência referentes à fronteira estocástica (Forsund et al., 1980). Aigner et al. (1977) sugeriram u e v são mutuamente independentes, com v independente e identicamente distribuído como $N(0, \sigma_u^2)$ e u independente e identicamente distribuído como $|N(0, \sigma_u^2)|$, ou seja, a distribuição de u é meio-normal. Aigner et al. (1977) sugeriram ainda para u uma distribuição exponencial e Stevenson (1980), uma distribuição normal truncada.

Esse modelo pode ser usado para análise de dados *cross-section*. Para análise de dados longitudinais (*panel data*) consultar Battese & Coelli (1992) e Tupy (1997). No presente caso, a fronteira da i -ésima firma será dada combinando-se (5) e (6), ou seja:

$$y_i = f(x_i, \beta) e^{(v-u)} . \quad (7)$$

A variância de ε é, portanto,

$$\sigma^2 = \sigma_u^2 + \sigma_v^2. \quad (8)$$

A razão dos erros-padrão é definida por

$$\lambda = \frac{\sigma_u}{\sigma_v}. \quad (9)$$

O parâmetro λ é indicador da variabilidade relativa de v e μ que distingue uma firma da outra. Se $\lambda \rightarrow 0$, isto significa dizer que o erro simétrico predomina na determinação de ε . Similarmente, se $\lambda \rightarrow \infty$, isto significa dizer que o erro assimétrico predomina na determinação de ε .

Para cada firma e/ou observação na amostra, a estimativa é o valor esperado de u condicionado a ε , conforme proposto por Jondrow et al. (1982), ou seja:

$$E[u|\varepsilon] = \frac{\sigma\lambda}{(1+\lambda^2)} \left[\frac{\phi\left(\frac{\varepsilon\lambda}{\sigma}\right)}{1-\Phi\left(\frac{\varepsilon\lambda}{\sigma}\right)} - \frac{\varepsilon\lambda}{\sigma} \right] \quad (10)$$

em que,

$\phi(\cdot)$ e $\Phi(\cdot)$ representam, respectivamente, a função de densidade de probabilidade e a função de distribuição para a variável aleatória normal-padrão.

Funções de custo e lucro-fronteira poderão ser estimadas do mesmo modo, estimando-se u , que na função de custo representa a ineficiência de custo e na função de lucro, a ineficiência de lucro. Ali & Flinn (1989) e Tupy (1997) estimaram, respectivamente, a eficiência de lucro e a eficiência de custo na produção de arroz e de frango de corte, a partir de funções de fronteira estocástica.

Quanto à estimação da eficiência alocativa, vários métodos se encontram disponíveis na literatura, podendo-se citar, por exemplo, Schmidt & Lovell (1979), Kopp & Diewert (1982), Kumbhakar et al. (1989) e Kalirajan (1990). De acordo com Greene (1993), todos os métodos apresentam pontos fortes e pontos fracos, necessitando de mais pesquisas.

Essas técnicas de medição são *técnicas de envelope*. Cada uma delas trata a eficiência técnica em termos da distância da fronteira de produção, a eficiência econômica em termos da distância de uma fronteira de lucro ou de custo apropriada e a eficiência alocativa como a razão da eficiência econômica em relação à eficiência técnica. Elas estão em concordância com as noções fundamentais de fronteira e de distância, com distância sendo representada por desvios unilaterais da fronteira. Elas diferem principalmente em relação às técnicas que empregam para construção das fronteiras e para medição da distância.

Outros métodos pouco utilizados para medir eficiência estão presentes na literatura, podendo-se citar o método proposto por Yotopoulos & Lau (1979), citados por Lovell (1993), e que não utiliza o conceito de fronteira.

4 – Aplicações das técnicas de avaliação de eficiência na produção de leite

As técnicas de avaliação de eficiência podem ser melhor compreendidas mediante aplicações ao setor produtivo. O método não-paramétrico de envelopamento de dados, conforme descrito por Coelli (1996), foi escolhido dada a possibilidade de trabalhar com amostras menores e por prescindir de forma funcional, além da riqueza de informações geradas pelos *softwares* desenvolvidos para análise, que muito facilitam a interpretação dos resultados, quando comparado com o método econométrico, que é exigente quanto ao tamanho da amostra, da forma funcional e da distribuição do erro.

Para efeito de demonstração da aplicabilidade das técnicas de avaliação da eficiência na produção de leite, foram realizadas, tomando-se

uma amostra de produtores, duas análises: uma avaliando-se a eficiência técnica e outra a eficiência custo.

4.1 – Avaliação da eficiência técnica na produção de leite

4.1.1 – Dados utilizados

Para medir a eficiência na produção de leite, foram distribuídos mais de 1000 questionários a produtores do Estado de São Paulo, ligados a cooperativas de laticínios, utilizando-se para distribuição a própria cooperativa. Contudo, o nível de respostas foi muito baixo, conforme demonstrado na Tabela 1, podendo-se atribuir isso às seguintes ocorrências:

- o produtor não faz o controle zootécnico e econômico da atividade ou o faz de forma incompleta;
- ao produtor não interessa ceder informações referentes a sua gestão; e
- o produtor tem sido assediado com certa freqüência por diferentes instituições em busca de informações com objetivo de pesquisa, sem que tenha retorno capaz de o auxiliar na gestão da propriedade.

Tabela 1 – Número de produtores que responderam aos questionários, por cooperativa.

Cooperativa	Nº de produtores
Cooperativa de Laticínios de São Carlos e Rio Claro (COLASCRIC)	4
Campezina	4
Cooperativa de Cachoeira Paulista	1
Cooperativa de Lorena Piquete	5
Cooperativa de Laticínios de Taubaté (COMEVAP)	4
Cooperativa de Ribeirão Preto (COONAI)	6
Cooperativa de Laticínios de Promissão	11
Cooperativa de Tupã (CACRETUPI)	3
Cooperativa de Laticínios de Jacareí (COLAP)	9
Cooperativa de Laticínios de Mococa	2
Cooperativa Agropecuária de Lins	3
Cooperativa de Laticínios de Aguiás	1
Total	53

Contudo, acredita-se que a ausência do controle zootécnico e econômico da atividade é com certeza a causa principal. O produtor não tem um sistema de acompanhamento de custos de produção implantado, que lhe permita monitorar os resultados econômicos da sua atividade, sendo as negociações de preços entre cooperados e cooperativas realizadas na maioria das vezes sem visão completa e ajustada dos custos de produção. Na verdade, para ter bom controle de custos, o produtor necessitaria de pessoal de apoio especializado. Algumas iniciativas foram tomadas por sindicatos no sentido de elaborar planilhas de custo de produção de leite para produtores, contudo, a coleta de dados em fazendas pode ser trabalhosa, dependendo do método de coleta empregado.

Quando os custos de produção estão disponíveis, como no caso dos produtores que responderam aos questionários, percebe-se nítida e elevada variação nos preços dos fatores de produção, que pode muito bem caracterizar custos de produção estimados incorretamente. O custo de produção de silagens de milho relatado por produtores é um dos que pode ser tomado como exemplo.

Para medição da eficiência técnica na produção de leite, foi utilizada uma subamostra de 38 produtores, considerando-se as seguintes variáveis de decisão:

- produção de leite anual (PLEITE);
- o número de vacas secas e de vacas em lactação (NVAC);
- a quantidade consumida de concentrado anualmente pelo rebanho (CCONC);
- a quantidade de volumosos consumidos, como cana-de-açúcar com uréia e silagem de milho (CVOL);
- o número de empregados (NEMP); e
- a área de pastagem (APAST).

As estatísticas descritivas das variáveis de decisão constam da Tabela 2.

Tabela 2 – Estatísticas descritivas das variáveis de decisão (n = 38).

	PLEITE (kg)	NVAC	CCONC (t)	CVOL (t)	NEMP (D-H)	APAST (ha)
Média	313.543	85	250,1	557,43	4	39,10
D.padrão	470.060	90	894,3	942,43	5	38,10
Mínimo	25.000	15	1,5	3	1	2
Máximo	2.737.500	500	5.568	5.574,5	28	140

Fonte: Dados da pesquisa.

4.1.2 – Modelo empírico de análise empregado

O problema de programação linear formulado para calcular a eficiência é dado pela equação (11) a seguir:

$$\text{Min}_{\theta, \lambda} \theta$$

$$\text{St}$$

$$- y_i + Y\lambda \geq 0, \quad (11)$$

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

$$\lambda \geq 0,$$

em que θ é um escalar, cujo valor será a medida de eficiência da *i-ésima* firma, sistema de produção de leite (SPL) ou produtor de leite, tratados doravante como unidade tomadora de decisão (UTD). O parâmetro λ é um vetor $N \times 1$, cujos valores são calculados de forma a obter a solução ótima. Para a UTD eficiente, todos os valores de λ serão zero; para a UTD ineficiente, os valores de λ serão os pesos utilizados na combinação linear de outras UTDs eficientes, que influenciam a projeção daquela ineficiente sobre a fronteira calculada. Isso significa que, para uma UTD ineficiente existe pelo menos uma UTD eficiente. Quando mais de uma UTD eficiente se fizer presente, os pesos calculados por programação fornecerão uma UTD virtual (composta de duas ou mais UTDs eficientes) para a UTD ineficiente, mediante combinação linear. A UTD individual eficiente ou a UTD virtual são consideradas *benchmarks* para aquela UTD (Coelli, 1996). O valor de θ obtido será o escore de eficiência para a *i-ésima* UTD e satisfará a condição de que $\theta \leq 1$, com o valor de 1 indicando um ponto na fronteira e portanto uma UTD eficiente. Note que o problema de programação linear deve ser resolvido N vezes, uma para cada UTD na amostra. A medida de eficiência obtida da equação (11) é orientada para os insumos, pressupondo retornos constantes de escala (RC) para a tecnologia. Retornos variáveis crescentes e decrescentes de escala podem ser facilmente incorporados ao modelo; basta que a equação (11) seja acrescida da restrição $\sum \lambda \leq 1$.

4.1.3 – Procedimentos para implementar o modelo

A solução do problema de programação linear da equação (11) forneceu os escores de eficiência neste trabalho. Na referida equação, X é a matriz de insumos (NVAC, CCONC, CVOL, NEMP e APAST) de dimensões $(K \times N)$ e Y , o vetor de produtos¹ (PLEITE) de dimensões $(M \times N)$, representando os dados de todas as UTDs da amostra. Tem-se ainda x_i , o vetor coluna de insumos e y_i , o vetor coluna de produtos, que representa a *i-ésima* UTD. O problema DEA representado na equação (1) tem boa interpretação intuitiva. Essencialmente, o problema toma a *i-ésima* UTD e

então procura contrair radialmente o vetor de insumos, x_i , tanto quanto possível, enquanto permanece, ainda, dentro do conjunto possível dos insumos. O limite interior desse conjunto é uma isoquanta linear construída por seções (*piece-wise linear isoquant*) – seções da fronteira de programação linear que correm paralelas aos eixos (Figura 2), determinadas pelos pontos dos dados observados, isto é, de todas as UTDs da amostra. A contração radial do vetor de insumo, x_i , produz um ponto projetado, $(X\lambda, Y\lambda)$, sobre a superfície dessa tecnologia. Este ponto projetado é uma combinação linear dos pontos dos dados observados. As restrições na equação (11) asseguram que este ponto projetado não fique fora do conjunto possível.

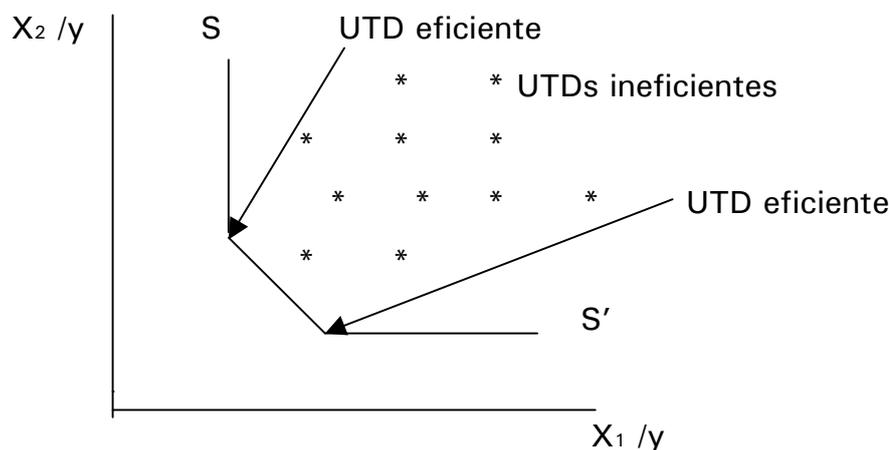


Figura 2 – Isoquanta unitária convexa por seções.

UTD = unidade tomadora de decisão.

O programa utilizado para implementar a solução do problema de programação linear foi o *Data Envelopment Analysis Program* (DEAP), desenvolvido por Coelli (1996).

4.1.4 – Resultados e discussão

Os escores de eficiência técnica das 38 UTDs constam na Tabela 3. A média da eficiência técnica, pressupondo retornos constantes de escala

¹ O modelo de análise comporta mais de um produto.

para as 38 UTDs, foi de 0,84 ou 84,0%, o que significa que as unidades empregaram, em média, 16,0% mais capital e mão-de-obra, respectivamente, vacas, concentrados, volumosos (silagem de milho e cana-de-açúcar), pastagens e empregados, do que o necessário para o nível de produção de leite observado.

Pode-se verificar na coluna dois da Tabela 3 que 15 sistemas de produção de leite (UTDs 1, 3, 4, 6, 10, 14, 18, 19, 23, 24, 25, 28, 33, 34 e 35) obtiveram a eficiência técnica máxima e que 15 deles se posicionaram abaixo da média de eficiência da amostra (UTDs 16, 9, 7, 21, 36, 22, 17, 2, 5, 11, 30, 32, 27, 39 e 8).

A terceira coluna da Tabela 3 mostra as UTDs de referência ou *benchmarks* em relação às quais cada UTD foi avaliada, ou seja, as UTDs que definiram a parte relevante da fronteira para cada UTD na amostra.

O DEAP gera relatórios individuais para as UTDs, o que é de importância fundamental para a gestão de cada sistema de produção. Na Tabela 4, pode-se observar um dos relatórios emitidos, no caso, a UTD 11, que obteve média de eficiência técnica de 57,4%, estimada em relação ao seu principal *benchmark* (Tabela 5). Esta estimativa mostra que a UTD 11 empregou 42,60% mais capital e mão-de-obra (vacas, concentrados, volumosos, pastagens e empregados) do que o necessário para o nível de produção de leite obtido. A média de produção por vaca da UTD 11 foi de 2.300 kg de leite, sendo produzidos 1.777 kg de leite por tonelada de concentrado, 287 kg de leite por tonelada de volumoso, 97.766 kg de leite por empregado e 6.518 kg de leite por hectare, aproximadamente. A produção de leite por vaca do seu principal *benchmark* (maior λ), conforme consta da Tabela 5, foi de 4.478 kg de leite, produzindo 4.138 kg de leite por tonelada de concentrado, 660 kg de leite por tonelada de volumoso, 156.725 kg de leite por empregado e 28.495 kg de leite por hectare, aproximadamente. A análise criteriosa das Tabelas 4 e 5 deixa claro que o produtor da Tabela 5 foi muito mais eficiente na utilização dos fatores de produção do que o produtor da Tabela 4.

Tabela 3 – Sumário de eficiência das unidades tomadoras de decisão (UTDs).

UTDs (1)	Eficiência (2)	<i>Benchmarks</i> (3)
1	1,000	
2	0,767	3,19,14 e 10
3	1,000	3
4	1,000	4
5	0,604	19,14 e 27
6	1,000	6
7	0,795	10,14 e 19
8	0,263	34,19 e 3
9	0,829	19,14 e 34
10	1,000	10
11	0,574	14 e 10
12	0,855	14,3 e 10
13	0,973	6,3,14 e 10
14	1,000	14
15	0,902	27,23 e 19
16	0,835	1,27 e 3
17	0,775	19, 14 e 27
18	1,000	18
19	1,000	19
20	0,789	14 e 27
21	0,779	19,27 e 14
22	1,000	22
23	1,000	23
24	1,000	24
25	0,933	4,19 e 10
26	0,481	22 e 14
27	1,000	27
28	0,851	1, 27 e 3
29	0,544	10,14 e 6
30	0,910	23,19 e 27
31	0,495	27,23 e 19
32	1,000	32
33	1,000	33
34	1,000	34
35	0,783	14 e 27
36	0,847	34,19,18 e 32
37	0,882	34,10 e 3
38	0,452	14,19 e 10
Média	0,84	

Fonte: Dados da pesquisa.

A Tabela 4 registra para a UTD 11 a diferença entre os fatores de produção utilizados e os projetados com base na fronteira de produção construída utilizando os *benchmarks* 10 e 14, ou seja, o excesso de vacas, concentrados, volumosos, empregados e pastagens para o nível de produção observado.

Os sistemas de produção utilizados como *benchmarks* na amostra foram os de número 1, 3, 4, 6, 10, 14, 18, 19, 22, 23, 27, 32 e 34, respectivamente, 2, 7, 1, 2, 9, 14, 1, 13, 1, 3, 10, 1 e 4 vezes, sobressaindo-se os sistemas 3, 10, 14, 19 e 27, respectivamente 7, 10, 14, 13 e 10 vezes.

Os sistemas de produção de leite avaliados foram visitados pela equipe de pesquisadores deste trabalho e pôde-se constatar que os sistemas mais eficientes (*benchmarks*) são aqueles que utilizam pastejo intensivo (embora com algumas limitações no emprego da tecnologia), possuem vacas holandesas, puras por cruzas e de elevada proporção de sangue holandês, e utilizam suplemento volumoso de melhor qualidade. Contudo, existe uma lacuna entre o sistema de produção preconizado pela pesquisa e o dos produtores mais eficientes da amostra. Quanto aos sistemas menos eficientes, ficou evidente a qualidade inferior dos animais (mestiços europeu-zebu), das pastagens e dos volumosos empregados.

Tabela 4 – Sumário de eficiência da unidade tomadora de decisão (UTD) 11.

Eficiência técnica (θ): 0,574 ou 57,4%			
Sumário da UTD			
Variáveis	Valor observado	Valor projetado	Excesso
PLEITE (kg)	391.065	391.065	
NVAC	170	77	93
CCONC (t)	220	126,20	93,80
CVOL (t)	1360	659,61	700,90
NEMP	4	2	2
APAST(ha)	60	10,5	49,50
<i>Benchmark: 14</i> Peso (λ) = 0,365 e <i>10</i> peso (λ) = 0,208			

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 5 – Sumário de eficiência da unidade tomadora de decisão (UTD)
14.

Eficiência técnica (θ): 1,000 OU 100 %			
Sumário da UTD			
Variáveis	Valor observado	Valor projetado	Excesso
PLEITE (kg)	626.900	626.900	-
NVAC	140	140	-
CCONC (t)	151,50	151,50	-
CVOL (t)	950	950	-
NEMP	4	4	-
APAST(ha)	22	22	-
<i>Benchmark: 14 Peso (λ) = 1,000</i>			

Fonte: Dados da pesquisa.

4.2 – Avaliação da eficiência de custo

Para medição da eficiência de custo, foram levados em conta alguns pressupostos teóricos, ou seja, na produção de leite, os produtores mais tecnificados têm procurado otimizar a produção por meio de maior produtividade por vaca em lactação, maior eficiência na transformação de alimentos, menor intervalo de partos e menor taxa de mortalidade. Nesse caso, a medição da eficiência técnica evidencia os desvios preconizados pela tecnologia, utilizando-se para tanto os fatores de produção envolvidos na produção. Por exemplo, quando se coloca no modelo o número de vacas do rebanho, procura-se captar a eficiência na utilização desse insumo. Para medir a eficiência econômica (eficiência de custo), além das quantidades dos fatores de produção, são também considerados os preços dos fatores e a combinação ótima dos fatores, dados os seus preços (eficiência alocativa).

A fronteira de custo estimada representará a fronteira de custo mínimo, em que somente os produtores eficientes estarão localizados. Produtores com algum grau de ineficiência se localizarão acima da fronteira de custo mínimo e a sua distância ou desvio em relação à fronteira será a medida da sua ineficiência.

4.2.1 – Dados utilizados

Os dados utilizados para medição da eficiência de custo refere-se a uma subamostra de 30 produtores selecionada a partir dos 53 questionários respondidos pelos produtores. Difere da primeira amostra de 38 produtores utilizada para avaliar a eficiência técnica, porque as variáveis relativas aos preços do concentrado e da mão-de-obra foram incorporadas ao modelo, o que restringiu o número de produtores na amostra. Muitos produtores deixam de anotar os gastos monetários com os insumos, anotando apenas as quantidades físicas utilizadas, outros anotam gastos monetários, mas não anotam as quantidades físicas dos insumos empregados².

Descrição das variáveis do modelo (equações 12 e 13)

Custo: O custo no modelo é endógeno, ou seja, foi obtido dos preços (W) e das quantidades (X) dos fatores de produção utilizados.

Produto: O produto Y foi a produção de leite anual, em litros.

Preços dos fatores de produção: Os preços W dos fatores de produção foram os preços da mão-de-obra (salário anual da mão-de-obra empregada na produção de leite) e do concentrado utilizado na alimentação do rebanho.

Quantidades dos fatores de produção: São as quantidades de mão-de-obra (homens) e de concentrados (toneladas) utilizadas na produção de leite anualmente.

Parte dos fatores de produção, por exemplo, capital investido em instalações, máquinas, equipamentos, forragens e outros de menor participação nos custos de produção, embora importantes, não foi incluída nas análises, uma vez que as informações fornecidas pelos produtores foram consideradas pouco consistentes. Entretanto, os gastos com concentrados e com mão-de-obra são computados com maior facilidade e podem representar de 40% a 50% do custo operacional na produção de leite. Além disso, o consumo de concentrado e o emprego da mão-de-obra são componentes do custo que têm grande capacidade de refletir ineficiências de produção.

² Pode-se avaliar a eficiência técnica também utilizando variáveis que expressam o valor monetário da produção e dos insumos empregados (Tupy & Yamaguchi, 2002)

As estatísticas descritivas das variáveis selecionadas para análise constam na Tabela 6.

Tabela 6 – Estatísticas descritivas das variáveis selecionadas para análise [n = 30].

Variáveis	Média	D.P.	Mínimo	Máximo
Custo observado (R\$) *	57.500,01	90.229,01	9.000,00	486.840,00
Produção de leite (litros)	342.986	504.959	34.000	2.737.500
Quantidade de concentrado (tonelada)	294	1004	12	5568
Quantidade de mão de obra (homens/ano)	4	5	1	28
Preço concentrado (R\$)	271,81	76,84	70,19	416,67
Preço da mão de obra (R\$)	4.749,59	1.751,05	480,00	9.500,00

D.P. = desvio padrão.

* Preços praticados em 2000.

Fonte: Dados da pesquisa.

4.2.2 – Modelo empírico de análise empregado

Para minimizar o custo, utilizou-se em primeiro lugar o modelo DEA da equação (11) modificado, acrescentando a ele a restrição $N1'\lambda = 1$, para obter a eficiência técnica (ET) da amostra, ou seja:

$$\text{Min}_{\theta, \lambda} \theta$$

Sujeito a:

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

$$\theta x_i - X\lambda \geq 0, \quad (12)$$

$$N1'\lambda = 1$$

$$\lambda \geq 0.$$

A restrição $N1'\lambda = 1$ é um vetor $N \times 1$ de uns que modifica o problema de programação linear básico com retornos constantes de escala (RC) da equação 12, para atender a condição de retornos variáveis de

escala (RVE). Essa restrição forma um casco convexo que envolve os pontos de forma mais ajustada do que o casco cônico obtido do problema de programação linear com RC e, portanto, provê escores de eficiência técnica que são maiores do que ou igual àqueles obtidos com o modelo de RC. A restrição de convexidade ($\sum \lambda = 1$) assegura, essencialmente, que a UTD ineficiente é somente comparada com uma UTD de igual tamanho, isto é, o ponto projetado (para aquela UTD) sobre a fronteira DEA será uma combinação convexa de UTDs observadas. Portanto, no caso DEA com RC, uma UTD pode ser comparada a UTDs que são substancialmente maiores (menores) do que ela (Coelli, 1996). Nesse caso, os pesos λ poderão resultar em valor maior do que 1.

O próximo passo requer a solução do seguinte problema DEA de minimização de custo:

$$\begin{aligned} & \text{MIN}_{\lambda, x^*} w_i \cdot x_i^* \\ & \text{Sujeito a:} \\ & \quad -y + Y\lambda \geq 0, \\ & \quad x_i^* - X\lambda \geq 0, \\ & \quad \lambda \geq 0, \end{aligned} \tag{13}$$

em que w_i é o vetor de preços dos insumos para a i -ésima UTD; x_i^* (que é calculado resolvendo o problema de programação linear da equação (13)) é o vetor das quantidades de insumos que minimizam os custos para a i -ésima UTD, dados os preços dos insumos (w_i) e as quantidades de produtos (Y_i).

A eficiência de custo foi estimada pela razão entre o custo mínimo e o custo observado, de acordo com a equação (14):

$$EC_i = W_i X_i^* / W_i X_i \tag{14}$$

A eficiência alocativa (AE) é calculada residualmente por:

$$AE_i = EC_i / ET_i$$

4.2.3 – Resultados e discussão

A média da eficiência de custo estimada foi de $0,673 \pm 0,221$, sendo o menor valor observado igual a 0,299 e o maior, igual a 1,00, com coeficiente de variação de 0,328. Portanto, a média da ineficiência econômica ou da ineficiência de custo foi de 32,70%. A eficiência técnica foi de 78,1% e a eficiência alocativa de 87,0%. Em média, a porcentagem de perda no produto devida à ineficiência técnica foi de 21,9%. A porcentagem de incremento no custo devido à ineficiência alocativa foi de 13%. Da amostra, 46,67% dos produtores foram eficientes tecnicamente; 16,67%, alocativamente; e 16,67%, economicamente (Tabela 7).

Os resultados obtidos neste trabalho não confirmam aqueles obtidos por Gomes (1999) de propriedades leiteiras no Estado de Minas Gerais. Esse autor estimou a média de eficiência técnica de 91% numa amostra de 241 produtores. Contudo, a eficiência técnica obtida da amostra analisada neste trabalho está de acordo com aquela estimada por Kumbhakar et al. (1989) em grandes propriedades leiteiras do Texas, EUA, em torno de 80%, embora as grandes propriedades analisadas por Kumbhakar fossem mais eficientes alocativamente (93,13%). Kumbhakar et al. (1989) e Gomes (1999) levaram em conta nos seus modelos de análise maior número de fatores de produção do que o modelo utilizado no presente trabalho. Contudo, Tupy et al. (2005) estimaram a eficiência custo de 41% para uma amostra de 138 produtores de leite dos estados de Goiás, Minas Gerais, São Paulo, Paraná e Rio Grande do Sul, utilizando para tanto um modelo completo de capital e trabalho. Na literatura, o modelo que mais se aproximou daquele utilizado neste trabalho foi o utilizado por Bravo-Ureta & Rieger (1991), que estimaram a eficiência de custo de aproximadamente 70% em propriedades leiteiras dos EUA. As variáveis utilizadas por esses autores foram consumo de forragens, consumo de concentrados e mão-de-obra empregada na atividade leiteira. A eficiência técnica estimada foi de 83% e a eficiência alocativa de 84,6%. No Brasil, os elevados níveis de ineficiência econômica, da ordem de 30% ou mais, são extremamente

Tabela 7 – Sumário de eficiência de custo.

Produtor	Eficiência técnica	Eficiência alocativa	Eficiência de custo
1	1,000	1,000	1,000
2	1,000	0,985	0,985
3	0,733	0,954	0,700
4	1,000	0,902	0,902
5	1,000	0,775	0,775
6	0,444	0,980	0,435
7	0,500	0,599	0,299
8	0,695	0,920	0,639
9	0,491	0,968	0,476
10	0,883	0,688	0,607
11	1,000	0,824	0,824
12	0,752	0,965	0,725
13	0,639	0,843	0,539
14	0,519	0,983	0,510
15	1,000	0,570	0,570
16	1,000	0,600	0,600
17	0,555	0,961	0,533
18	1,000	0,499	0,499
19	1,000	1,000	1,000
20	0,518	0,822	0,426
21	1,000	1,000	1,000
22	1,000	1,000	1,000
23	0,481	0,973	0,468
24	1,000	1,000	1,000
25	0,686	0,831	0,569
26	1,000	0,851	0,851
27	0,531	0,968	0,514
28	0,500	0,875	0,437
29	1,000	0,909	0,909
30	0,495	0,842	0,417
Média	0,781	0,870	0,674

Eficiência alocativa = eficiência de custo/eficiência técnica.

Fonte: Dados da pesquisa.

prejudiciais à competitividade da cadeia produtiva. Maiores níveis de eficiência certamente terão impacto positivo na renda dos produtores, no custo do leite na plataforma da indústria e no consumo. Ao levar em conta que na amostra estudada os gastos com concentrado e mão-de-obra no período analisado (1999) foram da ordem de R\$ 1.725.000,00, verifica-se que esses gastos têm embutidos nada menos do que R\$ 526.000,00 de excesso, que podem ser atribuídos à ineficiência de custo estimada de 32,70%.

O sumário das quantidades de fatores de produção que minimizam os custos, dados os preços dos insumos e a quantidade de leite produzida, está representado na Tabela 8. A Tabela 9 apresenta a classificação dos sistemas de produção de acordo com a eficiência de custo.

Tabela 8 – Sumário da quantidade de concentrados (QC) e da quantidade de mão-de-obra (QMO) que minimizam os custos de produção, dados os preços dos fatores e a produção de leite.

Produtor	QC (toneladas)	QMO (homem/ano)
1	20,000	1,000
2	19,134	1,000
3	35,909	1,363
4	14,794	1,000
5	94,501	2,700
6	147,660	3,912
7	13,375	2,146
8	22,472	1,056
9	53,876	1,773
10	100,762	2,842
11	356,349	4,647
12	108,794	3,026
13	29,537	1,218
14	78,085	2,325
15	15,871	1,000
16	19,346	1,000
17	25,002	1,114
18	18,949	1,000
19	5568,000	28,000
20	22,090	1,048
21	151,500	4,000
22	12,000	1,000
23	45,617	1,584
24	468,000	5,000
25	70,001	2,141
26	21,693	1,163
27	22,879	1,066
28	16,579	1,000
29	12,000	1,000
30	111,069	3,078

Fonte: dados da pesquisa.

Tabela 9 – Classificação dos sistemas de produção de acordo com a eficiência de custo.

Produtor	Eficiência técnica	Eficiência alocativa	Eficiência de custo
1	1,000	1,000	1,000
19	1,000	1,000	1,000
21	1,000	1,000	1,000
22	1,000	1,000	1,000
24	1,000	1,000	1,000
2	1,000	0,985	0,985
29	1,000	0,909	0,909
4	1,000	0,902	0,902
26	1,000	0,851	0,851
11	1,000	0,824	0,824
5	1,000	0,775	0,775
12	0,752	0,965	0,725
3	0,733	0,954	0,700
8	0,695	0,920	0,639
10	0,883	0,688	0,607
16	1,000	0,600	0,600
15	1,000	0,570	0,570
25	0,686	0,831	0,569
13	0,639	0,843	0,539
17	0,555	0,961	0,533
27	0,531	0,968	0,514
14	0,519	0,983	0,510
18	1,000	0,499	0,499
9	0,491	0,968	0,476
23	0,481	0,973	0,468
28	0,500	0,875	0,437
6	0,444	0,980	0,435
20	0,518	0,822	0,426
30	0,495	0,842	0,417
7	0,500	0,599	0,299

Fonte: Dados da pesquisa.

5 – Comentários finais

Políticas públicas que fomentem novos modelos tecnológicos e de gestão econômica da produção de leite deverão ser colocadas em prática em benefício do desenvolvimento econômico do País. Neste contexto, um modelo tecnológico está sendo implantado pela Embrapa Pecuária Sudeste, em parceria com a Secretaria de Agricultura do Estado de São Paulo, em várias propriedades rurais, muitas delas vinculadas a cooperativas. O modelo tecnológico é baseado em manejo rotacionado e irrigação de pastagens, utilizando animais de bom potencial genético para produção de leite, suplementação volumosa na época da seca com cana e uréia e forrageiras de inverno, em substituição a silagem de milho. Tudo isto é acompanhado de investimentos em instalações adequadas, ordenha mecânica e de tanques de expansão, visando à melhoria da qualidade do leite produzido. Contudo, só a tecnologia não é suficiente. É preciso ser eficiente no uso da tecnologia, como procuram demonstrar as aplicações deste trabalho. A gestão econômica da tecnologia poderá ser facilmente conduzida com base na utilização das técnicas de avaliação de eficiência. Produtores vinculados a cooperativas que delas compram insumos poderão ter a sua eficiência técnica e econômica monitorada pelo próprio departamento técnico da cooperativa em parceria com a Embrapa Pecuária Sudeste; e os produtores que não compram insumos da sua cooperativa, ou o fazem apenas parcialmente, poderão adotar o sistema simples de controle de fluxo de caixa, em anexo, que fornecerá todos os dados necessários à aplicação das técnicas de avaliação de eficiência desde que mensalmente enviados às suas cooperativas.

A cooperativa poderá, em parceria com a Embrapa Pecuária Sudeste, implantar o modelo DEA como rotina, aferindo a eficiência dos produtores e auxiliar na gestão de custos, desde que o modelo de fluxo de caixa funcione em nível de produtor. A Embrapa Pecuária Sudeste poderá disponibilizar também vários modelos de planilhas para elaboração de custos.

Finalmente, cabe salientar que tanto a ineficiência técnica quanto a ineficiência econômica ou de custo (técnica e alocativa) dos sistemas de produção de leite aqui avaliados permitiram concluir que:

- Cooperativas e seus produtores de leite estão operando com ineficiência técnica e alocativa elevadas, de cerca de 30%, quando analisadas pelo modelo de custo que leva em conta apenas o consumo de concentrados e o emprego de mão-de-obra. Com a introdução de outros fatores, a ineficiência poderá ser ainda maior. Contudo, o precário sistema de informações gerenciais dos produtores não permitiu avanços significativos nas análises.
- A ineficiência de custo e a ineficiência produtiva diagnosticadas nas amostras são decorrentes do ineficiente sistema de gestão da tecnologia e de custos que prevalece nas cooperativas. Muitas cooperativas terceirizam a sua assistência técnica e não desenvolvem qualquer programa de inovação tecnológica com os produtores e em parceria com instituições de pesquisa. São resistentes a tecnologias que exploram intensivamente pastagens, priorizando os modelos caros e gastadores de concentrados e de mão-de-obra e até mesmo de terras e de animais. Com pouca utilização das pastagens, o modelo vigente leva inevitavelmente à produção de leite mais caro e à insatisfação dos produtores, que argumentam contra os preços praticados pela sua cooperativa, mas que não têm consciência do próprio excesso de gastos com insumos e mão-de-obra, assim como não a tem a cooperativa. Muitas vezes, a última remunera o seu cooperado sem uma base concreta, favorecendo o produtor ineficiente e prejudicando o produtor eficiente, pagando o mesmo preço pelo leite produzido por ambos, elevando o custo da matéria-prima na plataforma, reduzindo a sua competitividade e até mesmo onerando toda a cadeia produtiva.
- Alguns gestores de cooperativas têm a cultura de que à cooperativa compete apenas fornecer o mercado para o produtor, alegando que os custos da transferência de tecnologias e o processo de gestão são

elevados, mas, se computados os gastos originados por má utilização do capital e da mão-de-obra, conforme diagnosticados pelas análises de eficiência aqui realizadas, estes certamente são muito mais elevados.

6 – Referências Bibliográficas

ALI, M.; FLINN, J.C. Profit efficiency among Basmati rice producers in Pakistan Punjab. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 71, n. 2, p. 303-310, 1989.

AIGNER, D. J.; LOVELL, C. A. K.; SCHMIDT, P.J. Formulation and estimation of stochastic frontier production function models. **Journal of Econometrics**, v.6, p. 21-37, 1977.

ATKINSON, S. E.; CORNWELL, C. Parametric estimation of technical and allocative inefficiency with panel data. **International Economic Review**, v.35, n.1, p. 231-243, 1994.

BATTESE, G. E.; COELLI, T. J. Frontier production functions, technical efficiency and panel data: with application to paddy farmers in India. **The Journal of Productivity Analysis**, v. 5, p. 155-169, 1992.

BAUER, P. W. Recent development in the econometric estimation of frontiers. **Journal of Econometrics**, v. 46, n. 1/2, p. 39-56, 1990.

BRAVO-URETA, B. E.; RIEGER, L. Dairy farm efficiency measurement using stochastic frontiers and neoclassical duality. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 73, n. 2, p. 421-426, 1991.

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

EVANOFF, D. D.; ISRAILEVICH, P. R. Productive efficiency in banking. **Economic Perspectives**, v. 15, n. 4, p. 11-32, 1991.

FARREL, M. J. A measurement of productive efficiency. **Journal of The Royal Statistical Society. Série A**, v. 120, p. 254-290, 1957.

FORSUND, F. R.; LOVELL, K. C. A.; SCHMIDT, P. A survey of frontier production functions and of their relationship to efficiency measurement. **Journal of Econometrics**, v. 13, p. 5-25, 1980.

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

GREENE, W. H. The econometric approach to efficiency analysis. In: **The measurement of productive efficiency**. New York: Oxford University Press, 1993, p. 68-119.

GROSSKOPF, S. Efficiency and productivity. In: **The measurement of productive efficiency**. New York: Oxford University Press, 1993, p. 160-194.

JONDROW, J.; LOVELL, C. A. K.; MATEROV, I.; SCHMIDT, P. On estimation of technical inefficiency in the stochastic frontier production function model. **Journal of Econometrics**, v. 19, n. 2/3, p. 233-238, 1982.

KALIRAJAN, K.P. On measuring economic efficiency. **Journal of Applied Econometrics**, v. 5, p. 75- 85, 1990.

KOPP, L.; DIEWERT, E. The decomposition of frontier cost function deviations into measures of technical and allocative efficiency. **Journal of Econometrics**, v. 19, n. 2/3, p. 319-332, 1982.

KUMBHAKAR, S. C.; BISWAS, B.; BAILEY, D. V. A study of economic efficiency of Utah dairy farmers: A system approach. **The Review of Economics and Statistics**, v. 71, n. 4, p. 595-604, 1989.

LOVELL, K. C. A. Production frontiers and productive efficiency. In: **The measurement of productive efficiency**. Techniques and Applications. New York: Oxford University Press, 1993. p.3-67.

LOVELL, K. C. A.; SCHMIDT, P. A comparison of alternative approaches to the measurement of productive efficiency. In: **Applications of modern production theory**. Boston: Kluwer Academic Publishers, 1988, p. 3-32.

MEEUSEN, W.; BROECK, J. Van Den. Efficiency estimation from Cobb-Douglas production functions with composed error. **International Economic Review**, v. 18, n. 2, p. 435-444, 1977.

SCHMIDT, P.; LOVELL, K. C. A. Estimating technical and allocative inefficiency relative to stochastic production and cost frontiers. **Journal of Econometrics**, v. 9, p. 343-366, 1979.

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

STEVENSON, R. E. Likelihood functions for generalized stochastic frontier estimation. **Journal of Econometrics**, v. 13, p. 57-66, 1980.

TUPY, O. Fronteiras estocásticas, dualidade neoclássica e eficiência econômica na produção de frangos de corte. 1997. 91 f. Tese (Doutorado em Economia) - Universidade de São Paulo, Piracicaba.

TUPY, O.; YAMAGUCHI, L. T. Identificando *benchmarks* na produção de leite. **Revista Brasileira de Sociologia e Economia Rural**, v. 40, n.1, p.193-208, 2002.

TUPY, O.; YAMAGUCHI, L. T.; MARTINS, P. C.; CARNEIRO, A. V. A ineficiência custo da produção de leite no Brasil. **XLIII Congresso de Economia e Sociologia Rural – Sober**. Ribeirão Preto, SP, 2005.

TUPY, O.; YAMAGUCHI, L. T.; MARTINS, P. C.; CARNEIRO, A. V. A ineficiência custo da produção de leite no Brasil. **XLIII Congresso de Economia e Sociologia Rural – Sober**. Ribeirão Preto, SP, 2005.

ANEXO

CADERNO PARA CONTROLE DO FLUXO DE CAIXA DA PRODUÇÃO DE LEITE.

PROPRIEDADE: _____

PROPRIETÁRIO:..... _____

DATA:/...../..... _____

ESTE CADERNO FOI FEITO PARA O SENHOR(A) FAZER ANOTAÇÕES DAS SUAS RECEITAS E DESPESAS COM PRODUÇÃO DE LEITE.

QUEM FAZ ANOTAÇÕES SABE COMO ANDA OS SEUS NEGÓCIOS.

FAÇA UMA AVALIAÇÃO MENSAL DO SEU FLUXO DE CAIXA E VEJA COMO É IMPORTANTE O SEU CONTROLE.

FLUXO DE CAIXA (ENTRADAS – SAÍDAS)

ANO : _____

MÊS	PRODUÇÃO DE LEITE (LITROS)	TOTAL DE RECEITAS (ENTRADAS)	TOTAL DE DESPESAS (SAÍDAS)	SALDO DE CAIXA
01				
02				
03				
04				
05				
06				
07				
08				
09				
10				
11				
12				
TOTAL				

ORIENTAÇÃO:

FECHADO O MÊS LEVE O SEU MOVIMENTO DE RECEITAS E DESPESAS PARA O SINDICATO, COOPERATIVA, ZOOTECNISTA, AGRÔNOMO OU VETERINÁRIO FAZER A SUA PLANILHA DE CUSTO.