

EFICIÊNCIA E PRODUTIVIDADE: conceitos e medição¹

Oscar Tupy²

Luis Carlos Takao Yamaguchi³

Palavras-chave: eficiência, produtividade, fronteiras, programação, econometria.

RESUMO

Com a abertura dos mercados e a globalização da economia, aumentou a preocupação com a eficiência e a produtividade nas diferentes cadeias produtivas. Com isso, os termos eficiência e produtividade têm sido muito utilizados por políticos, empresários e técnicos de diferentes segmentos da economia. Contudo, percebe-se certa confusão no emprego dos termos e desconhecimento das principais técnicas disponíveis para sua medição. Nessa perspectiva, o trabalho objetiva discutir os conceitos e as técnicas de medição de eficiência e produtividade. A expectativa é que contribua para um maior entendimento e melhor utilização dos termos eficiência e produtividade, quando aplicados aos diversos segmentos produtivos, despertando a atenção das empresas para a importância da sua medição, conforme preconizado pela teoria econômica.

EFFICIENCY AND PRODUCTIVITY: concepts and measurement

SUMMARY

There has been an increased concern with efficiency and productivity in the different productive chains following the freeing of markets and globalization of economy. Hence the terms efficiency and productivity have been largely used by politicians, entrepreneurs and professionals from different economic segments. However, a confusion in the usage of these terms, as well as some unacquaintance with techniques to measure efficiency and productivity have been observed. From this perspective, this paper aims to discuss these concepts and measurement techniques. Its expected outcome is a contribution towards a better understanding and usage of the terms efficiency and productivity,

¹Trabalho de revisão de literatura.

²Doutor, Pesquisador Científico da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA).

³Doutor, Professor da ESALQ/USP.

as applied to distinct production segments, bringing about the companies' awareness of the importance of this measurement, as economic theory pre-cognizes.

Key-words: *efficiency, productivity, frontiers, programming, econometrics.*

1 - INTRODUÇÃO

A globalização da economia tem provocado mudanças na estrutura produtiva internacional e acirrado a sua competitividade. Cresce a preocupação com a eficiência e a produtividade nas diferentes cadeias produtivas. As empresas estão reavaliando suas metas e seus métodos para assegurarem viabilidade e competitividade. Por outro lado, os formuladores de política econômica têm dispensado considerável atenção ao estudo da eficiência e da produtividade. Do ponto de vista teórico, a importância relativa dos vários componentes da eficiência e da produtividade são colocados em discussão. De uma perspectiva aplicada, o seu estudo tornou-se importante porque este é o principal passo de um processo que pode conduzir a uma economia substancial de recursos, sendo os ganhos em eficiência e produtividade importantes para as empresas em ambientes competitivos (FARREL, 1957).

A estimativa da eficiência com a qual uma empresa opera pode ajudar na decisão sobre como melhorar o seu desempenho atual ou introduzir novas tecnologias para aumentar a produção com racionalidade. É útil também para identificar o *gap* entre a produção potencial de uma tecnologia e o atual nível de produção obtido (KALIRAJAN,

1982). A estimativa da eficiência é útil ainda para fins estratégicos (comparação com outras empresas), táticos (permitir à gerência controlar o desempenho da empresa pelos resultados técnicos e econômicos obtidos), planejamento (comparar os resultados do uso de diferentes combinações de fatores) ou outros fatores relacionados à administração interna da empresa.

Tanto a eficiência quanto a produtividade são indicadores de sucesso, medidas de desempenho, por meio das quais as empresas são avaliadas. Somente medindo a eficiência e a produtividade e isolando os seus efeitos daqueles relacionados ao ambiente de produção, pode-se explorar hipóteses relacionadas a fontes de diferenças entre eficiência e produtividade. A identificação destas fontes é essencial para a instituição de políticas públicas e privadas (LOVELL, 1993).

Segundo FRIED; LOVELL; SCHMIDT (1993), quando altos níveis de eficiência e de produtividade e altas taxas de crescimento da produtividade são os objetivos desejados pelas empresas, torna-se importante definir e medir a eficiência e a produtividade de acordo com a teoria econômica, gerando informações úteis para formulação de políticas empresariais. Para estes autores, o desempenho de uma empresa é função do estado da tecnologia e do grau de eficiência ao seu uso, com o primeiro definindo uma relação de fronteira entre insumos e produtos, e o segundo incorporando desperdícios e má alocação de recursos relacionados a esta fronteira.

Com a abertura dos mercados e estabilização da economia, observa-se, no Brasil, que os termos eficiência e produtividade foram incorporados defi-

nitivamente ao discurso de políticos, empresários e tecnocratas. Contudo, percebe-se certa confusão no emprego dos mesmos. Muitas vezes, medidas de produtividade têm sido tomadas como de eficiência e vice-versa. Em relação à produtividade, as medidas utilizadas têm considerado apenas um insumo de cada vez para um único produto, por exemplo, produção anual de leite/hectare, produção anual de leite/mão-de-obra permanente, etc. Considerando que vários insumos são exigidos no processo de produção, torna-se mais complexo entender e medir a eficiência e a produtividade de uma empresa, ambas com vários componentes, de modo a estabelecer relações de desempenho com outras empresas da mesma indústria ou setor agrícola. Uma empresa será eficiente, por exemplo, em escala, escopo (mais de um produto), técnica e alocativamente. Entretanto, algumas serão mais eficientes tecnicamente, outras em escala e assim por diante.

Nessa perspectiva, o presente trabalho tem por objetivo discutir conceitos de eficiência e produtividade, assim como sua medição ou estimação. Espera-se com isso contribuir para uma melhor compreensão e utilização dos termos eficiência e produtividade, e despertar o interesse de diferentes segmentos da economia, especificamente da agricultura, para a necessidade de medir e acompanhar continuamente a produtividade e a eficiência com as quais vêm operando as suas empresas.

2 - O CONCEITO DE EFICIÊNCIA E PRODUTIVIDADE

Sempre que se discute o desempenho de uma unidade produtiva⁴, ela é descrita como sendo mais ou menos eficiente ou mais ou menos produtiva. A

⁴Entende-se como unidade produtiva uma empresa agrícola, agroindustrial, etc.

produtividade de uma unidade de produção é 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, estes 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 devido a diferenças na tecnologia de produção, na eficiência dos processos de produção e no ambiente em que ocorre a produção. Quanto à eficiência de uma unidade produtiva, esta é entendida como uma comparação entre valores observados e valores ótimos de insumos e produtos. Esta comparação pode assumir a forma de relação entre a quantidade do produto obtida 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. Nesta 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) observados 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 a produção obtida resulta da melhor prática ou é a produção de fronteira (produção máxima possível de ser obtida, dadas as quantidades de insumos

utilizadas). Neste contexto, a pressuposição implícita é que a produção observada em todo o período é tecnicamente eficiente no sentido de FARRELL (1957).

Embora muitos autores considerem o crescimento da produtividade e o progresso técnico como sinônimos, existe um pequeno mas crescente grupo de autores que distiguem os dois conceitos. O crescimento da produtividade pode ser definido como a mudança líquida no produto devido à mudança na eficiência e 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 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 insumos. O segundo componente refere-se à habilidade de combinar insumos e produtos em proporções ótimas, dados os seus preços (LOVELL, 1993).

Para EVANOFF e 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 de escala, ou seja, onde uma mudança no produto resulta em mudança proporcional nos custos. Por

dança proporcional nos custos. Por outro lado, produzir mais de um produto pode resultar em vantagens adicionais, por exemplo, 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 escopo⁵ 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 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 respectivos preços. Em ambos os casos, o custo não será minimizado (FORSUND; LOVELL; SCHMIDT, 1980).

Para ATKINSON e CORNWELL (1994), uma firma é tecnicamente ineficiente se não utilizar o nível técnico mínimo de insumos, dado o produto e o *mix* de insumos. 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 FARRELL (1957). O autor se concentrou na medição da eficiência na utilização dos insumos. Para definir a eficiência, tomou como exemplo uma firma empregando dois insumos x_1 e x_2 para produzir um único produto y . A

⁵Para o caso de dois produtos, economia de escopo pode ser representada conforme SHIROTA (1995) por: $C(y) = C[y_1, y_2] \leq C[y_1, 0] + C[0, y_2]$.

tecnologia de produção foi resumida por uma função de produção linearmente homogênea, $y = f(x_1, x_2)$, que pode ser especificada como $1 = f(x_1/y, x_2/y)$, permitindo que todas as informações relevantes sejam representadas por uma isoquanta unitária eficiente⁶ SS' (Figura 1), caracterizando a tecnologia de fronteira. Considerando que 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 de SS'. 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 para produzir y^0 , em relação aos insumos utilizados.

Considerando que a linha ww' 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.

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'. Por outro lado, 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 pro-

dução, dados os preços relativos. Portanto, a firma no ponto A também tem uma ineficiência 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 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 a 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 (HEATHFIELD e WIBE, 1987).

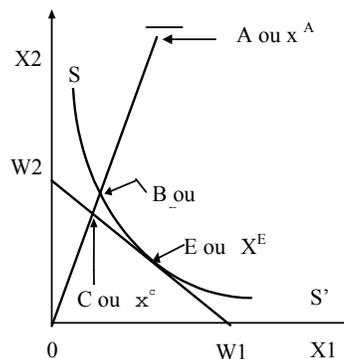


Figura 1 - Representação Gráfica da Análise de Farrel sobre Eficiência Técnica e Alocativa.

Considerando x^A, x^B e x^C vetores com coordenadas nos pontos A, B e C da figura 1 e que $\|x\|$ é o comprimento do vetor x , as medidas de eficiência de Farrel podem ser expressas de acordo com as equações dadas abaixo:

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

⁶Segundo FORSUND; LOVELL; SCHMIDT (1980), a isoquanta unitária eficiente não é observável naturalmente, mas pode ser estimada de uma amostra de observações (possivelmente ineficientes) como A na figura 1.

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

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

3 - TÉCNICAS DE MEDIÇÃO DE EFICIÊNCIA E PRODUTIVIDADE

3.1 - Técnicas de Medição 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. Este 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 destas fronteiras podem ser interpretados como ineficiência.

O montante pelo qual uma firma fica abaixo de suas fronteiras de produção e lucro e o montante pelo qual 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; LOVELL; SCHMIDT, 1980).

LOVELL e SCHMIDT (1988) consideraram quatro abordagens metodológicas: a programação pura, a programação modificada, a fronteira estatística determinística e a fronteira estocástica. O método de programação pura utiliza uma seqüência de programas lineares (*piecewise linear fit*) para construir uma fronteira de transformação e para medir sua eficiência relativa. A técnica foi proposta por FARREL (1957) e desenvolvida por CHARNES; COOPER; RHODES (1978) e por FARE e LOVELL (1978). A técnica é conhecida como *data envelopment analysis (DEA)*. O maior problema do método de programação pura resulta do fato de que a amostra de dados é envolvida por uma fronteira determinística. Conseqüentemente, o desvio de uma observação em relação à fronteira é atribuído exclusivamente à ineficiência. Por ser a fronteira determinística, nenhum ajuste é feito para variações ambientais, choques aleatórios externos, ruídos nos dados, erros de medição, variáveis omitidas, etc. Dado que o método de programação pura é não estocástico, não há meio de se elaborar probabilidades sobre a forma e o local da fronteira, ou sobre as suas ineficiências relativas estimadas.

O método de programação modificada também utiliza uma seqüência de programação linear para construir fronteiras e computar a sua eficiência relativa. Difere da programação pura apenas por ser a fronteira construída parametricamente. Este método também foi sugerido por FARREL (1957) e melhorado posteriormente por AIGNER e CHU (1968), FORSUND e JANSEN (1977) e

FORSUND e HJALMARSSON (1979). A desvantagem do método também é a fronteira determinística, como na programação pura.

O terceiro método, em contraste com os anteriores, utiliza técnicas estatísticas para estimar a fronteira e computar a sua eficiência relativa. Foi proposto por AFRIAT (1972) e ampliado por RICHMOND (1974) e GREENE (1980), entre outros. Neste caso, a fronteira também é determinística, sendo todos os desvios desta atribuídos à ineficiência da firma. Também neste caso nenhuma concessão é feita aos ruídos, erros de medição, etc.

A quarta e última abordagem metodológica considera uma fronteira estocástica. Utiliza técnicas estatísticas para estimar a fronteira e computar a sua eficiência relativa. Este método foi simultaneamente proposto por AIGNER; LOVELL; SCHMIDT (1977) e MEEUSEN e BROECK (1977). A sua maior vantagem é que, ao contrário dos outros, introduz um componente de erro para representar ruído, erros de medição, etc. Isso permite a decomposição do desvio de uma observação da parte determinística da fronteira em dois componentes, ineficiência e ruídos. Nenhuma outra abordagem trata deste fenômeno, que afeta todas as relações econômicas.

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 e SCHMIDT, 1988).

Segundo BAUER (1990), existem dois paradigmas sobre a construção de fronteiras. Um, não paramétrico, que utiliza técnicas de programação matemática; o outro, paramétrico e esto-

cástico (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, por outro lado, pode manipular os ruídos estatísticos, mas impõe uma forma funcional explícita e possivelmente restritiva para a tecnologia.

A abordagem de programação permite a derivação de uma fronteira para $\Theta^A = \frac{OB}{OA}$ cada firma, na amostra, baseada no produto e na utilização de insumos por todas as firmas da amostra. Considerando 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:

$$\begin{aligned} & \text{Min } 1^A, & (4) \\ & \text{sujeito a} \\ & y^A \leq \alpha^1 y_1^1 + \alpha^2 y_1^2 + \dots + \alpha^n y_1^n \\ & \Theta^A x_1^A \geq \alpha^1 x_1^1 + \alpha^2 x_1^2 + \dots + \alpha^n x_1^n \\ & \Theta^A x_2^A \geq \alpha^1 x_2^1 + \alpha^2 x_2^2 + \dots + \alpha^n x_2^n \\ & \alpha^i \geq 0, \end{aligned}$$

em que 1^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; os α^i são os pesos gerados para cada observação por processo de otimização, com uso de técnica de programação linear, na obtenção de valor ótimo para 1^A ; A é a observação que se está avaliando e os superescritos denotam firmas individuais. Novamente, 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 e ISRAILEVICH, 1991 e LOVELL, 1993).

O método econométrico (paramétrico e estocástico), simultaneamente proposto por AIGNER; LOVELL; SCHMIDT (1977) e MEEUSEN e 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:

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

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,

$$g = v - u \quad (6)$$

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; LOVELL; SCHMIDT, 1980). AIGNER; LOVELL; SCHMIDT (1977) sugeriram u e v 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; LOVELL; SCHMIDT (1977) sugeriram ainda para u uma distribuição exponencial e STEVENSON (1980), uma distribuição normal truncada.

Este modelo pode ser usado para análise de dados *cross-section*. Para análise de dados longitudinais (*panel data*), consultar BATTESE e 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 como

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

O parâmetro λ é indicador da variabilidade relativa de v e u 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 custo e na função de lucro, a ineficiência lucro. ALI e FLINN (1989) e TUPY (1997) estimaram, respectivamente, as eficiências lucro e 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 e LOVELL (1979), KOPP e DIEWERT (1982), KUMBHAKAR; BISWAS; BAILEY (1989) e KALIRAJAN (1990). De acordo com GREENE (1993), todos os métodos apresentam pontos fortes e fracos, necessitando de mais pesquisas.

As técnicas de medição acima são "técnicas de envelope". Cada uma delas trata a eficiência técnica em termos da distância da fronteira de produção, 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 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 medir distância.

Outros métodos pouco utilizados para medir eficiência estão presentes na literatura, ver YOTOPOULOS e LAU (1979).

As estimativas de eficiência de escala e escopo podem ser obtidas utilizando-se fronteiras estocásticas, conforme SHIROTA (1995), que apresenta

uma abordagem detalhada a partir da fronteira de custo estimada para instituições financeiras do Chile. Nesse trabalho, o grau de economia de escala no nível do produto y , $S(y)$, é dado por:

$$S(y) = AC(y) / MC(y), \quad (11)$$

em que:

$AC(y)$ é o custo médio em y ; e

$MC(y)$ é o custo marginal em y .

Os retornos da escala em y são crescentes, constantes ou decrescentes, se $S(y)$ for maior, igual ou menor do que um, respectivamente. Assim, se existem retornos crescentes da escala, isto significa que o aumento nos custos totais ocorrerá a uma taxa menor do que o crescimento no produto. O oposto será verdadeiro se existirem retornos decrescentes de escala. O custo médio mínimo será alcançado em $S(y) = 1$, ou seja, com retornos constantes à escala.

O grau de economia de escopo $S_c(y)$ pode ser obtido como dado a seguir:

$$S_c(y) = \frac{\sum_i \{C[y_i, 0]\} - C(y)}{C(y)} \quad (12)$$

em que:

$C(y_i, 0)$ é o custo de produzir y , somente; e

$C(y) = C[y_1, y_2]$, ou seja, o custo de produzir y_1 e y_2 .

Da definição fica claro que $S_c(y)$ pode ser positivo ou negativo. Se $S_c(y) < 0$, então o custo de produzir y será menor para firmas especializadas. Se $S_c(y) > 0$, então, uma firma multiproduto pode produzir a um custo menor do

que muitas firmas produzindo um único produto.

3.2- A Medição da Produtividade

A preocupação acima foi com relação à medição da eficiência em um dado período. A preocupação agora será com a medição da produtividade total dos fatores (PTF) de uma unidade produtiva e com sua mudança no tempo.

Em geral, a abordagem tradicional de medição da produtividade pressupõe implicitamente que o produto observado é o de fronteira. Neste caso, pressupõe-se todo o tempo que a produção obtida é tecnicamente eficiente, no sentido de FARREL (1957). Entretanto, uma nova abordagem, pressupondo a presença de ineficiência produtiva, tem sido considerada na medição da produtividade. O presente trabalho comentará ambas as abordagens.

3.2.1 - Medição da produtividade na ausência de ineficiência

A PTF é um índice do produto dividido por um índice do total de insumos utilizados no processo produtivo. Portanto, PTF é a generalização da medida da produtividade para um único fator, tal como a produtividade do trabalho que é a razão (um índice) do produto para um único insumo, trabalho. O crescimento da PTF refere-se à mudança da produtividade no tempo, por exemplo, sejam t e $t+1$ dois períodos; seja o produto em cada período representado por y^t , y^{t+1} (pressupondo constante a qualidade nos dois períodos) e do mesmo modo os insumos x^t e x^{t+1} ; sendo para cada período, S^t o conjunto de produção (modelo de transformação de insumos $x^t \in R_+^N$ em produto $y^t \in R_+$),

$$S^t = \{(x^t, y^t) : x^t \text{ pode produzir } y^t\} \quad (13)$$

e similarmente para S^{t+1} . Portanto, o conjunto S descreve todos os pares possíveis de produto-insumo num dado tempo. A tecnologia pode também ser descrita como uma função de produção em cada período, ou seja:

$$y^t = \max \left\{ y^t : (x^t, y^t) \in S^t \right\} \quad (14)$$

e similarmente para o período $t+1$. Pressupondo independência dos insumos (*Hicks neutral technical change*), as funções de produção em t e $t+1$ podem ser escritas como:

$$y^t = A(t)f(x^t) \quad (15)$$

$$y^{t+1} = A(t+1)f(x^{t+1}) \quad (16)$$

Nota-se que a estrutura da tecnologia $f(x)$ não muda com o tempo, contudo, a função de produção pode deslocar-se entre t e $t+1$ por meio do parâmetro A .

Definindo a PTF em t e $t+1$ como a razão do produto em t e $t+1$ em relação ao insumo total usado em t e $t+1$, ou seja:

$$PTF(t) = \frac{y^t}{f(x^t)} = A(t) \quad e \quad (17)$$

$$PTF(t+1) = \frac{y^{t+1}}{f(x^{t+1})} = A(t+1) \quad (18)$$

então a PTF é a medida do produto médio. O crescimento da produtividade pode então ser definido como a mudança na PTF entre períodos t e $t+1$, ou seja:

$$\frac{PTF(t+1)}{PTF(t)} = \frac{\frac{y^{t+1}}{f(x^{t+1})}}{\frac{y^t}{f(x^t)}} = \frac{y^{t+1}}{f(x^{t+1})} \cdot \frac{f(x^t)}{y^t} = \frac{A(t+1)}{A(t)} \quad (19)$$

desse modo, PTF consiste das razões de funções agregadas, isto é, um número-índice (GROSSKOPF, 1993).

3.2.2 - Medição da produtividade considerando ineficiência produtiva

Supondo que o conjunto produto-insumo observado não esteja no limite da tecnologia, ou seja, não alcance o limite da tecnologia em ambos os períodos t e t+1, existirá uma discrepância entre o produto observado e o produto máximo potencial, ou seja:

$$y^t < A(t)f(x^t) \quad \text{e} \quad y^{t+1} < A(t+1)f(x^{t+1}) \quad (20)$$

Para computar tal discrepância, torna-se necessário corrigir o produto observado, trazendo-o para a fronteira da tecnologia em cada período, ou seja, corrigir para ineficiência técnica. A ferramenta apropriada para uso neste contexto é a função produto distância, conforme dada por SHEPHARD (1970) ou FARE (1988), citados por GROSSKOPF (1993), ou seja:

$$D_0^t(x^t, y^t) = \inf \{ \theta : (x^t, y^t | \theta) \in S^t \} \quad (21)$$

e similarmente para o período t + 1. $D_0^t(x^t, y^t) = \frac{OA}{OB}$ (figura 1). Desde que o produto máximo potencial exceda o produto observado no período t,

$D_0^t(x^t, y^t) < 1$. O valor da função distância iguala a unidade se e somente se o produto observado igualar ao produto potencial máximo, isto é, se e somente se não houver ineficiência técnica. Mais precisamente, se e somente se y for um elemento da isoquanta.

Para relacionar a função distância à função de produção, considere-se:

$$D_0^t(x^t, y^t) = \inf \{ \theta : y^t | \theta \leq A(t)f(x^t) \} = \frac{y^t}{A(t)f(x^t)} \quad (22)$$

Similarmente

$$D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}) = \frac{y^{t+1}}{A(t+1)f(x^{t+1})} \quad (23)$$

Portanto, o produto máximo potencial no ano t é igual a

$$\frac{y^t}{D_0^t(x^t, y^t)} = A(t)f(x^t) \quad (24)$$

e o produto máximo potencial no ano t + 1 é igual a

$$\frac{y^{t+1}}{D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} = A(t+1)f(x^{t+1}) \quad (25)$$

Note que o lado direito das equações 24 e 25 é idêntico ao lado direito das funções de produção nas equações 15 e 16, o que está de acordo com a suposição de que a função de produção produz o máximo produto possível. O lado esquerdo das equações 24 e 25 pode ser entendido como o produto corrigido para ineficiência técnica, desde que a função distância seja igual à recíproca da medida de eficiência téc-

nica de FARREL (1957), baseada no produto.

Agora a PTF definida como a razão do produto em relação aos insumos utilizados em t será dada a partir da equação 24 por:

$$PTF(t) = \frac{y^t}{f(x^t)} = A(t)D_0^t(x^t, y^t) \quad (26)$$

e, similarmente, da PTF ($t+1$) a partir da equação 25. O crescimento da produtividade será obtido, portanto, como:

$$\frac{PTF(t+1)}{PTF(t)} = \frac{\frac{y^{t+1}}{f(x^{t+1})}}{\frac{y^t}{f(x^t)}} = \frac{A(t+1)D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{A(t)D_0^t(x^t, y^t)} = \frac{\frac{A(t+1)}{A(t)}}{\frac{D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^t(x^t, y^t)}} \quad (27)$$

Assim, o crescimento da PTF é um composto do deslocamento na fronteira de produção (mudança técnica), $A(t+1)/A(t)$ e a mudança na eficiência entre t e $t+1$, quando capturado nos termos da função de distância.

Na presença de ineficiência, o crescimento da PTF é definido como o efeito líquido da mudança em eficiência e deslocamento na fronteira de produção (mudança técnica). Tal distinção, segundo GROSSKOPF (1993), é importante. Se existe ineficiência no processo produtivo e esta for ignorada, o crescimento da produtividade já não pode mais ser atribuído exclusivamente à mudança técnica. De uma perspectiva política, uma redu-

ção no crescimento da produtividade, devido a um incremento na ineficiência, sugere políticas diferentes daquelas que seriam aplicadas no caso de redução do crescimento da produtividade por ausência de mudança técnica. Baixo crescimento da produtividade, devido à ineficiência, pode ser devido a barreiras institucionais, à difusão de inovações, por exemplo. Neste caso, políticas que removam estas barreiras poderão ser muito mais efetivas no melhoramento da produtividade do que políticas diretas de inovação.

4 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a estabilização econômica, o Brasil, inserido em um mercado globalizado e conseqüentemente competitivo, pode e deve operar com elevados níveis de eficiência e produtividade em todos os setores da economia. Neste cenário, a compreensão dos conceitos de eficiência e produtividade e o conhecimento das técnicas disponíveis para a sua medição assumem importância fundamental.

O trabalho procurou contribuir da melhor forma possível para a apropriação devida de termos como eficiência e produtividade dentro do enfoque da moderna economia da produção. Permitiu verificar que a confusão no emprego dos termos eficiência e produtividade teve a sua origem provavelmente do fato de que o modelo de produção vigente e praticado por universidades e instituições de pesquisa seja o modelo clássico, que pressupõe implicitamente a ausência de ineficiência, concebendo ganhos em produtividade apenas com base na mudança técnica. Neste caso, eficiência e produtividade são tratados como a mesma coisa (os indicadores de produtividade, por exemplo, pro-

dução de leite por hectare, produção de leite por vaca no rebanho, são tratados como indicadores de eficiência), quando na verdade a ineficiência é apenas um dos fatores que levam a uma menor produtividade, exigindo políticas diferenciadas daquelas preconizadas para baixo crescimento da produtividade por ausência de mudança técnica, conforme discutido no corpo do trabalho.

Desse modo, espera-se que o trabalho contribua para que técnicos,

empresários, políticos e executivos façam uso consistente dos termos eficiência e produtividade, conscientizando-se da extensão e importância dos mesmos, assim como da importância da sua medição.

Finalmente, deve-se salientar que está disponível em algumas universidades e instituições de pesquisa do Brasil o instrumental necessário à medição da eficiência e produtividade, conforme preconizado pela teoria econômica.

LITERATURA CITADA

AFRIAT, S. N. Efficiency estimation of production functions. **International Economic Review**, Philadelphia, v.13, n.3, p.568-598, 1972.

AIGNER, Dennis J.; CHU, S. F. On estimating the industry production function. **The American Economic Review**, v.58, n.4, p.826-839, Sept. 1968.

_____; LOVELL, C. A. K.; SCHMIDT, Peter J. Formulation and estimation of stochastic frontier production function models. **Journal of Econometrics**, North-Holland, v.6, n.1, p.21-37, July 1977.

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

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

BATTESE, George E.; COELLI, Tim 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, Paul W. Recent development in the econometric estimation of frontiers. **Journal of Econometrics**, North-Holland, v.46, n.1/2, p.39-56, Oct./Nov. 1990.

CHARNES, A.; COOPER, W. W.; RHODES, E. Measuring the efficiency of decision making units. **European Journal of Operational Research**, v.2, n.6, p.429-444, 1978.

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

Agricultura em São Paulo, SP, 45(2):39-51, 1998.

- FARE, R. Fundamentals of production theory. Berlin: Springer-Verlag, 1988.
- _____; LOVELL, C. A. K. Measuring the technical efficiency of production. **Journal of Economic Political Theory**, v.19, n.1, p.150-162, 1978.
- FARREL, M. J. A measurement of productive efficiency. **Journal of The Royal Statistical Society**, v.120, p.254-290, 1957. (Série A).
- FORSUND, Finn R.; JANSEN, E. S. On estimating average and best practice homothetic production functions via cost functions. **International Economic Review**, Philadelphia, v.18, n.2, p.463-476, 1977.
- _____; HJALMARSSON, L. Generalized Farrel measures of efficiency: an application to milk processing in swedish dairy plants. **Economic Journal**, v.89, p.274-315, 1979.
- FORSUND, Finn R.; LOVELL, C. A. K.; SCHMIDT, Peter. A survey of frontier production functions and of their relationship to efficiency measurement. **Journal of Econometrics**, North-Holland, v.13, n.1, p.5-25, May 1980.
- FRIED, H.; LOVELL, C. A. K.; SCHMIDT, S. **Measurement of productive efficiency: techniques and applications**. New York: Oxford University Press, 1993. 426p.
- GREENE, William H. The econometric approach to efficiency analysis. In: **The measurement of productive efficiency**. New York: Oxford University Press, 1993. p.68-119.
- _____. Maximun likelihood estimation of econometric frontier functions. **Journal of Econometrics**, North-Holland, v.13, n.1, p.27-56, May 1980.
- GROSSKOPF, S. Efficiency and productivity. In: **The measurement of productive efficiency**. New York: Oxford University Press, 1993. p.160-194.
- HEATHFIELD, D. F.; WIBE, S. **An introduction to cost and production functions**. Atlantic Highlands, NJ: Humanities Press International, 1987. 193p.
- JONDROW, James et al. On the estimation of technical inefficiency in the stochastic frontier production function model. **Journal of Econometrics**, North-Holland, v.19, n.2/3, p.233-238, Aug. 1982.
- KALIRAJAN, K. P. On measuring economic efficiency. **Journal of Applied Econometrics**, v.5, p.75-85, 1990.
- _____. On measuring yield potential of the high yielding varieties tecnology at farm level. **Journal Agricultural Economics**, v.33, p.227-236, 1982.
- KOPP, Raymond J.; DIEWERT, W. E. The decomposition of frontier cost function deviations into measures of technical and allocative efficiency. **Journal of Econometrics**, North-Holland, v.19, n.2/3, p.319-332, Aug. 1982.
- Agricultura em São Paulo, SP, 45(2):39-51, 1998.*

- KUMBHAKAR, S. C.; BISWAS, B.; BAILEY, D. V. A study of economic efficiency of Utah dairy farmers. **The Review of Economics and Statistics**, v.71, n.4, p.595-604, Nov. 1989.
- LOVELL, C. A. K. Production frontiers and productive efficiency. In: **The measurement of productive efficiency: techniques and applications**. New York: Oxford University Press, 1993. p.3-67.
- _____; SCHMIDT, Peter. 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, Wim; BROECK, Julien Van Den. Efficiency estimation from Cobb-Douglas production functions with composed error. **International Economic Review**, Philadelphia, USA, v.18, n.2, p.435-444, 1977.
- RICHMOND, J. Estimating the efficiency of production. **International Economic Review**, v.15, n.2, p.515-521, 1974.
- SCHMIDT, Peter; LOVELL, C. A. K. Estimating technical and allocative inefficiency relative to stochastic production and cost frontiers. **Journal of Econometrics**, North-Holland, v.9, n.3, p.343-366, Feb. 1979.
- SHEPHARD, R. W. **Theory of cost and production functions**. Princeton: Princeton University Press, 1970.
- SHIROTA, R. **Efficiency in financial intermediation: a study of the chilean banking industry**. Ohio, EUA: State University, 1995. Tese de PHD.
- STEVENSON, Rodney E. Likelihood functions for generalized stochastic frontier estimation. **Journal of Econometrics**, North-Holland, v.13, n.1, p.57-66, May 1980.
- TUPY, Oscar. **Fronteiras estocásticas, dualidade neoclássica e eficiência econômica na produção de frangos de corte**. Piracicaba: ESALQ, 1997. Tese de Doutorado.
- YOTOPOULOS, P. A.; LAU, L. J. Resource use in agriculture: applications of the profit function to selected countries. **Food Research Institute Studies**, v.17, n.1, p.1-120, 1979.

Recebido em 02/07/98. Liberado para publicação em 17/09/98.