



Artigo Original

Reajuste de preços na indústria farmacêutica brasileira e o fator X: uma avaliação usando o método de fronteiras estocásticas

Fabiana Rocha¹, Igor Viveiros Souza²

¹ Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo (FEA-USP).
Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas (FIPE).

Correspondência: E-mail: frocha@usp.br

² Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP).

Resumo

O objetivo deste artigo é propor uma metodologia alternativa aquela apresentada pela resolução da CMED para calcular a produtividade da indústria farmacêutica durante o período 2000-2006. Utiliza-se o índice de produtividade total dos fatores (PTF) de Malmquist proposto por Caves, Christensen e Diwert (1982). Para a obtenção do índice é aplicada a metodologia de fronteiras estocásticas desenvolvida por Battese e Coelli (1995). Esta metodologia permite a separação da PTF em variação na eficiência técnica (uso da melhor tecnologia disponível) e variação tecnológica (mudanças na fronteira de produção propriamente dita). Utiliza-se uma base de dados única obtida através de pesquisa feita pela FIPE junto a empresas da indústria farmacêutica. Os resultados indicam uma perda de produtividade em 2005 e 2006, ao contrário do que estabelece o governo.

Palavras-chave: controle de preços, eficiência, produtividade, indústria farmacêutica.

Abstract

The purpose of this paper is to propose an alternative methodology to that presented by CMED Resolution, in order to calculate the productivity of the pharmaceutical industry during the period 2000-2006. We use Malmquist total productivity factor (TPF) index proposed by Caves, Christensen, and Diwert (1982). In order to calculate the index we apply the stochastic frontier method of Battese and Coelli (1995). This method allows to split the TFP into variation in the

technical efficiency (use of the best technology available) and technological variation (changes in the production frontier itself). We use a unique data set obtained by FIPE through the application of a questionnaire among the firms of the pharmaceutical industry. The results indicate a decrease in productivity in 2005 and 2006 in opposition to the gains established by the government.

Keywords: price control, efficiency, productivity, pharmaceutical industry

Resumen

El objetivo del artículo es proponer una metodología alternativa a la presentada por la resolución CMED para el cálculo de la productividad de la industria farmacéutica en el período 2000-2006. Se utilizó el índice de productividad total de los factores (PTF) de Malmquist propuesto por Caves, Christensen y Diwert (1982). Para obtener el índice, fue aplicada una metodología de fronteras estocásticas de Battese y Coelli (1995). La metodología permite la separación de la PTF en variación en la eficiencia técnica (uso de la mejor tecnología disponible) y variación tecnológica (modificaciones en la frontera de producción). Se utilizó una base de datos única, obtenida por pesquisa hecha pela FIPE junto a empresas de la industria farmacéutica. Los resultados indican una reducción de productividad en 2005 y 2006, contrariamente al dicho por el gobierno.

Palabras-clave: controle de preços, eficiência, produtividade, indústria farmacêutica.

Introdução

A Lei 10.762, de 06 de outubro de 2003, através de seu artigo 4º, parágrafo 1º, estabelece que “*o ajuste de preços de medicamentos será baseado em modelo de teto de preços calculado com base em um índice de preços, em um fator de produtividade e em um fator de ajuste de preços relativos intra-setor e entre setores*”, no caso, o Índice de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA).

Além disso, o parágrafo 3º do artigo 4º estabelece que “*o fator de produtividade, expresso em percentual, é o mecanismo que permite repassar aos consumidores, por meio dos preços dos medicamentos, projeções de ganhos de produtividade das empresas produtoras de medicamentos*”.

Desta forma, a Câmara de Regulação do Mercado de Medicamentos (CMED), conforme anexo da Resolução 1, de 27 de fevereiro de 2004, estabeleceu a seguinte fórmula para o reajuste de preços :

Equação 1

$$VPP = IPCA - X + Y + Z$$

Em que VPP representa a variação percentual permitida no preço do medicamento, IPCA representa a taxa de inflação medida pela variação percentual do índice de preços ao consumidor amplo, X representa o fator de produtividade, Y o fator de ajuste de preços relativos e Z representa o fator de ajuste de preços relativos intrasetores. Dentro deste contexto, o fator de produtividade passa a ser um índice de interesse não apenas do setor mas de toda a comunidade.

A Nota Técnica SDE-CMED de 27/09/2006 propõe um modelo de previsão da produtividade da indústria farmacêutica. É utilizado um modelo de séries temporais (ARIMA), ou mais precisamente um MA(12), tendo como variáveis exógenas a primeira diferença do produto interno bruto, a primeira diferença da taxa de juros real (Selic), a primeira diferença da taxa de câmbio nominal e duas variáveis *dummy* de sazonalidade para os meses de janeiro e dezembro.

Como variável dependente é utilizada a produtividade do trabalho na indústria farmacêutica que foi obtida dividindo-se o índice de *quantum* da produção física da indústria farmacêutica (PIM-PF/IBGE) pelo total de horas mensais trabalhadas do pessoal ocupado no período t. Como vantagem da metodologia proposta é ressaltada a sua característica *forward-looking*, uma vez que o ideal seria não repassar simplesmente ganhos de produtividade passados.

Os valores estabelecidos para o fator de produtividade, conforme tal resolução, foram 0,00% para 2004; 1,50% para 2005; 1,87% para 2006 e 2,02% para 2007. Na definição de quais medicamentos devem seguir a regra de precificação, adota-se o sistema de listas negativas, isto é, a princípio, todos os medicamentos comercializados no mercado brasileiro estão sujeitos a esta regra, exceto aqueles incluídos nas listas divulgadas pela CMED. Além dos medicamentos incluídos nas listas negativas, estão também livres de regulação os medicamentos reconhecidos pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), como fitoterápicos.

A principal desvantagem da metodologia diz respeito à própria definição de produtividade. Define-se produtividade de uma firma como a razão entre o produto(s) que produz e o(s) insumo(s) que usa, ou seja: *produtividade = produtos ÷ insumos*. Mais precisamente, a preocupação deve ser com a produtividade total dos fatores que é uma medida de produtividade envolvendo todos os fatores de produção.

Existem outras medidas tradicionais de produtividade como a produtividade do trabalho numa fábrica ou a produtividade da terra numa fazenda, mas essas são medidas de produtividade parciais. Essas medidas de produtividade parciais podem fornecer um indicador errôneo da produtividade quando consideradas isoladamente, resultando daí uma primeira crítica à opção metodológica feita pela SDE-CMED. Ao considerar como variável dependente somente a produtividade do trabalho ela projeta somente a produtividade parcial. Dado que a indústria farmacêutica não é trabalho intensiva, os problemas ficam ainda maiores.

O objetivo deste artigo é propor uma metodologia alternativa para calcular a produtividade da indústria farmacêutica durante o período 2000-2006. Utiliza-se o índice de produtividade total dos fatores (PTF) de Malmquist proposto por Caves, Christensen e Diwert (1982).

Para a obtenção do índice é aplicada a metodologia de fronteiras estocásticas, desenvolvida por Battese e Coelli (1995). Esta metodologia permite a separação da PTF em variação na eficiência técnica (uso da melhor tecnologia disponível) e variação tecnológica (mudanças na fronteira de produção propriamente dita). Os dados foram obtidos através de pesquisa feita pela Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas (FIPE) junto a empresas da indústria farmacêutica. Os dados foram codificados e, assim, não se conhece as empresas por nome, apenas suas características.

O artigo está organizado em cinco seções, além desta introdução. A segunda seção faz uma breve discussão da metodologia a ser empregada. A terceira seção discute os dados utilizados e apresenta algumas estatísticas descritivas. A quarta seção apresenta os resultados e analisa os resultados das estimações. A quinta seção apresenta os resultados obtidos para os índices de produtividade. Finalmente, a sexta seção resume as principais conclusões.

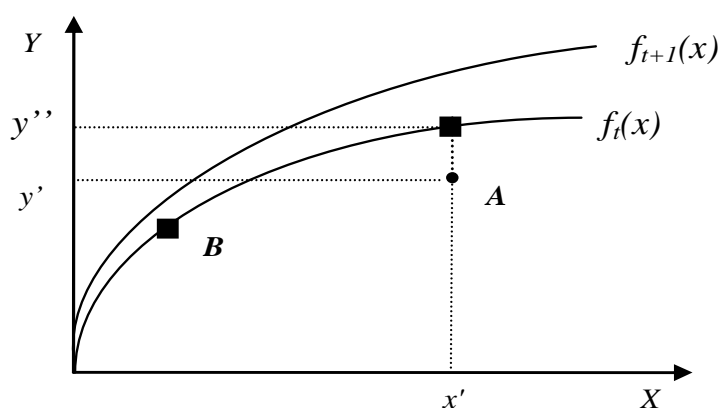
Breve discussão metodológica

Aqui parte-se de uma fronteira de produção que define a relação entre o insumo e o produto. Usa-se um insumo e um produto só para simplificar a análise gráfica, mas existem métodos para agregar os insumos e/ou produtos para a construção das medidas de produtividade. A fronteira de produção representa o máximo de produto que pode ser obtido a partir de cada nível de insumo, refletindo desta forma o estado corrente da tecnologia na indústria. As firmas na indústria operam ou na fronteira ou abaixo da fronteira. As primeiras são tecnicamente eficientes e as últimas tecnicamente ineficientes.

As fronteiras estocásticas de produção podem ser visualizadas de acordo com a figura a seguir. Nela a curva $f_t(x)$ representa a fronteira de produção no período t . Já a curva $f_{t+1}(x)$, representa a fronteira de produção deslocada no período seguinte em consequência de uma mudança no paradigma tecnológico da indústria. Realizando, sem perda de generalidade, uma análise apenas para curva $f_t(x)$ vemos que a firma B se encontra na fronteira $f_t(x)$ de produção sendo, portanto, tecnicamente eficiente. Já a firma A utilizando a quantidade x' produz a quantidade y' quando poderia, com a mesma quantidade de insumos estar produzindo y'' .

A distância vertical da firma A em relação à fronteira $f_t(x)$ é chamada de *função distância produto orientada* ao passo que a distância horizontal é chamada de *função distância insumo orientada*; que representam, respectivamente, a máxima expansão de produto, mantendo fixa a quantidade de insumos e a máxima contração nos insumos mantida fixa quantidade de produto.

Figura 1. Representação gráfica da fronteira estocástica.



A definição de eficiência técnica remonta ao trabalho de Debreu (1951), no qual é desenvolvido o conceito de coeficiente de utilização de recursos (*coefficient of*

resource utilization), que seria uma medida de utilização da capacidade produtiva total da economia. Farrell (1957), apoiando-se no coeficiente definido por Debreu (1951), desenvolveu o coeficiente de eficiência técnica e ainda o coeficiente de eficiência alocativa. O objetivo de Farrell (1957) era desenvolver uma medida que captasse a eficiência econômica como um todo, ou seja, considerando todos os fatores empregados no processo produtivo (o que não ocorria com o método de produtividade do trabalho) sem, contudo, incorrer nos problemas existentes nos números índice (escolha arbitrária de um vetor de ponderação, por exemplo).

Assim, o conceito de eficiência técnica diz respeito às relações entre as quantidades produzidas de produto e as quantidades de fatores utilizados na produção. Quando a quantidade produzida por uma firma, dada uma combinação de fatores, fica aquém do máximo possível de ser atingido com aquela combinação, tem-se a presença de ineficiência técnica.

Já o conceito de eficiência alocativa se refere à escolha ótima da proporção dos insumos, dado o vetor de preços. Surge quando a combinação de fatores em uso não é consistente com a minimização dos custos. Desta forma, os produtores, na presença de ineficiência alocativa, não atuam no ponto em que o retorno marginal dos fatores é igual à relação dos preços dos mesmos.

Farrell (1957) a partir destes dois conceitos define uma terceira medida denominada de eficiência global (*overall efficiency*), sendo igual ao produto entre a eficiência técnica e a eficiência alocativa. Apesar da relevância inequívoca da ineficiência alocativa, não faz parte dos objetivos deste artigo a sua mensuração. Segundo Farrell (1957) observa, esta só faz sentido quando se deseja verificar se as firma agem dentro de um arcabouço lucro-maximizador ou custo-minimizador.

Como o objetivo deste trabalho é somente a obtenção de uma relação técnica de produção, ou seja, uma função de produção é possível mensurar somente a ineficiência técnica. Não existem informações sobre os preços dos fatores e dos produtos que permitam o cálculo da ineficiência alocativa.

O estudo da produtividade total dos fatores tomou impulso com o trabalho de Solow (1957), onde é estimada uma função de produção agregada para a economia norte-americana entre 1909 e 1949. Assumindo que a remuneração dos fatores de produção (capital e trabalho) seja igual ao seu retorno marginal, toda a variação no produto não decorrente de mudanças nos fatores é atribuída a variações na produtividade advindas de choques tecnológicos, ou seja, deslocamentos da fronteira de produção no tempo.

Este termo que capta a variação da produtividade total dos fatores no tempo ficou conhecido na literatura como resíduo de Solow. Uma deficiência deste método, que ficou conhecido como contabilidade do crescimento, é atribuir toda a variação da PTF às variações tecnológicas e desconsiderar a possibilidade das firmas atuarem em um lócus ineficiente.

Uma outra abordagem que também se tornou bastante popular para mensurar a PTF é a dos índices de Malmquist (1953), conforme proposto por Caves, Christensen e Diewert (1982). Estes últimos adaptaram a análise da teoria do consumidor baseada em funções distância realizada por Malmquist para a teoria das firmas.

No entanto, na busca por um método que fosse consistente com a teoria dos números índices, os autores sugerem a imposição de retornos constantes de escala. Caves, Christensen e Diewert (1982) mostram que se a tecnologia pode ser descrita por uma função *translog* com os termos de segunda ordem idênticos para as firmas contempladas no estudo, o índice de Malmquist colapsa para o índice de Törnqvist.

O índice proposto por Caves, Christensen e Diewert (1982) não permitia, contudo, a presença de ineficiência técnica das firmas, isto é, todas as firmas se encontravam na fronteira e desvios da mesma eram puramente aleatórios. Entretanto, Färe et al. (1994) desenvolveram uma decomposição do índice proposto em Caves, Christensen e Diewert (1982) que permite a presença de ineficiência técnica. Sua fórmula é dada pela equação a seguir:

Equação 2

$$M_o(y_t, y_{t+1}, x_t, x_{t+1}) = \frac{D_o^{t+1}(y_{t+1}, x_{t+1})}{D_o^t(y_t, x_t)} \times \left[\frac{D_o^t(y_{t+1}, x_{t+1})}{D_o^{t+1}(y_{t+1}, x_{t+1})} \times \frac{D_o^t(y_t, x_t)}{D_o^{t+1}(y_t, x_t)} \right]^{0,5}$$

Onde: $M_o(y_t, y_{t+1}, x_t, x_{t+1})$ é o índice de Malmquist entre os período t e $t + 1$; y_t é a quantidade produzida em t ; x_t é quantidade produzida em t ; e D_o^t representa a função distância produto-orientada do período t .

Assim, o termo fora dos colchetes na equação anterior representa os deslocamentos de uma firma em relação à fronteira, enquanto o termo dentro dos colchetes representa os deslocamentos da fronteira.

Um ponto relevante, conforme colocado por Färe, Grosskopf e Ross (1998), é que o índice de Malmquist quando derivado a partir de uma função de produção que não exhibe retornos constantes de escala não apresenta transitividade.

A transitividade em números índices (também chamada de propriedade de circularidade) determina que um número índice avaliado nos períodos t_1 e t_3 seja igual ao produto dos índices avaliado entre t_1 e t_2 e t_2 e t_3 . Portanto tem-se:

Equação 3

$$I(t_1, t_3) = I(t_1, t_2) \times I(t_2, t_3)$$

Apesar da imposição de retornos constantes de escala ser necessária para que o índice de Malmquist não viole as hipóteses de circularidade e neutralidade quanto a escolha da base temporal, do ponto de vista da teoria econômica isto pode parecer bastante restritivo.

Entretanto, existem evidências (Bjurek, Førsund e Hjalmarsson 1998), de que a escolha entre retornos constantes e retornos variáveis perde importância caso o interesse sejam os valores médios, isto é, os valores para a indústria.

Além das questões levantadas anteriormente, uma outra propriedade relevante das funções de produção com retornos constantes de escala é a invariância quanto à escolha entre as medidas produto-orientada e insumo-orientada (Coelli, Rao e Battese 1998).

Dados utilizados e estatísticas descritivas

A amostra coletada é composta de 45 empresas durante o período 2000 e 2006. A FIPE ficou responsável pela formulação e aplicação de questionários a empresas do setor farmacêutico e pela codificação das mesmas. As informações foram coletadas através de questionário formulado pela FIPE e enviado diretamente às empresas. Essas retornavam os questionários respondidos à FIPE, garantindo o sigilo e a confiabilidade das informações fornecidas. Assim, não é possível para nós identificar as empresas, uma vez que desconhecemos os seus nomes e conhecemos apenas algumas de suas características.

Apesar de serem apenas 45 empresas, elas compõem um painel não balanceado uma vez que algumas empresas não reportaram informações para alguma(s) variável(eis) em algum(ns) período(s). Tem-se um total de 306 observações.

Vale ressaltar, ainda, que esta amostra de 45 empresas é extremamente representativa uma vez que corresponde, segundo critérios do IMS-HEALTH, a setenta por cento do *market-share* do setor.

Para mensurar as quantidades de produto utiliza-se o valor adicionado dos medicamentos produzidos no país. Desta forma, são excluídos os medicamentos importados 100% prontos. A justificativa para tanto reside no fato de se desejar mensurar a produtividade apenas da indústria nacional. Medicamentos importados 100% prontos sofrem influência da produtividade dos fatores de onde eles foram manufaturados.

A figura 2 mostra a evolução do valor adicionado médio na indústria (valores em reais de 2006). O valor mínimo registrado na indústria foi de aproximadamente 140,43 milhões em 2001, enquanto o máximo verificado foi de aproximadamente 172,98 milhões.

Considerando a evolução do valor adicionado total, o mercado farmacêutico contemplado na amostra, agregou à economia brasileira valores que vão de cerca de 6,03 bilhões de reais em 2001 a valores próximos a 7,78 bilhões de reais em 2005. A tabela 1 apresenta a evolução do mercado em questão.

Figura 2. Evolução do valor adicionado médio (valores em milhões de reais).

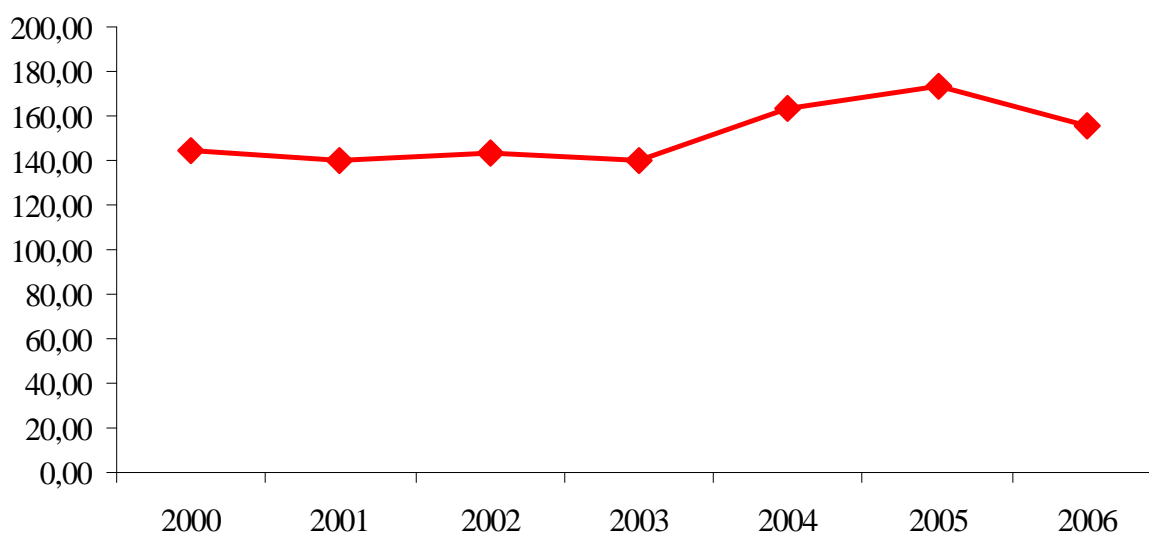


Tabela 1. Evolução do valor adicionado total (valores em bilhões de reais).

Ano	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Valor adicionado	6,06	6,03	6,18	6,15	7,18	7,78	7,00

Para o vetor de trabalho, utiliza-se o número de trabalhadores empregados na produção. Cabe salientar que o melhor método para contabilizar a quantidade de trabalho empregada por um firma é dado pela soma total das horas contratadas pela mesma. Entretanto, como não foi possível o levantamento correto desta informação para todas as firmas, opta-se pela variável anteriormente citada sem perda de qualidade do ajuste.

A Tabela 2 a seguir apresenta a correlação entre as variáveis número de trabalhadores e horas contratadas para as empresas em que ambas informações estavam aparentemente corretamente disponíveis, perfazendo um total de 265 observações das 306 disponíveis. A correlação é de aproximadamente 97%,

indicando que o número de trabalhadores é uma boa *proxy* para o número de horas contratadas.

Tabela 2. Correlação entre horas trabalhadas e o número de trabalhadores empregados na produção.

	Horas trabalhadas	Número de empregados na produção
Horas trabalhadas	1,000	
Número de empregados na produção	0,9643	1,000

As estatísticas do setor farmacêutico acerca do fator trabalho mostram que o mesmo emprega, em média, cerca de 225 trabalhadores, por firma, somente na produção. Considerando os trabalhadores totais, o setor emprega em média 744 trabalhadores, caracterizando desta forma a relevância do mesmo na geração de empregos diretos. Tais informações são apresentadas na Tabela 3 abaixo.

Tabela 3. Média de emprego anual do setor farmacêutico.

Ano	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Trabalhadores totais	771,45	740,93	725,70	723,68	732,61	730,16	779,22
Trabalhadores ligados à produção	238,19	228,09	220,37	219,82	225,41	229,04	237,98

Já para o estoque de capital utiliza-se o valor do ativo imobilizado alocado às plantas industriais. A opção pela escolha de valores ligados apenas às plantas industriais se deve ao fato de se desejar mensurar apenas o capital de natureza produtiva do setor. Os valores para o estoque de capital podem ser visualizados na tabela 4 a seguir.

Tabela 4. Estoque de capital médio (valores em milhões de reais).

Ano	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Estoque de capital	37,44	46,80	45,22	44,36	46,01	47,90	48,30

Resultados das estimações

Inicialmente estima-se uma função de produção translog usando-se mínimos quadrados ordinários (MQO):

Equação 4

$$\ln y_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln k_{it} + \beta_2 \ln l_{it} + \beta_3 t + \beta_4 t^2 + \beta_5 t \times \text{trabalho} + \beta_6 t \times \text{capital} + \beta_7 \ln l_{it}^2 + \beta_8 \ln k_{it}^2 + \beta_9 \ln l_{it}^2 \times \ln k_{it}^2 + v_{it}$$

Em que $\ln y_{it}$ é o logaritmo da quantidade produzida pela firma i no período t ; β_0 é o intercepto da equação, $\beta_1 \dots \beta_9$ são os coeficientes tecnológicos, $\ln k_{it}$ é o logaritmo do capital utilizado pela firma i no período t medido pelo valor do estoque de capital $\ln l_{it}$ é o logaritmo do trabalho utilizado pela firma i no período t medido pelo número de trabalhadores e t é a variável tempo que mensura o deslocamento da função de produção ao longo do período sob análise.

O uso da função translog é adequado por esta ser uma forma funcional flexível, que permite analisar os efeitos de segunda ordem sem impor restrições sobre as elasticidades de substituição entre os fatores empregados.

Funções de produção do tipo Cobb-Douglas assumem elasticidade de substituição unitária entre os fatores empregados, enquanto funções do tipo CES (elasticidade de substituição constante) assumem tais elasticidades como constantes ainda que não necessariamente iguais à unidade. Os resultados da estimação são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5. Resultados da estimação da função de produção usando MQO.

Variáveis	Coefficientes	Desvio-padrão	P-valor
<i>capital</i>	-2,7010*	0,5043	0,000
<i>trabalho</i>	3,5689*	0,4471	0,000
<i>t</i>	0,0393	0,2882	0,891
<i>t</i> ²	-0,0072	0,0292	0,804
<i>t</i> × <i>trabalho</i>	0,0053	0,0286	0,851
<i>t</i> × <i>capital</i>	0,0003	0,0154	0,986
<i>trabalho</i> ²	0,2293**	0,9872	0,021
<i>capital</i> ²	0,2649*	0,0394	0,000
<i>trabalho</i> × <i>capital</i>	-0,2566*	0,0471	0,000
<i>constante</i>	26,7218	3,5820	0,000
<i>R</i> ²	0,6152		

Nota: * e ** indicam significância estatística aos níveis de 1% e 5%, respectivamente.

Em seguida, implementa-se o teste de ineficiência proposto por Coelli (1995). A estatística do teste sob a nula de resíduos simétricos tem distribuição $N(0,1)$. Como o resultado obtido é igual a -4,7444; rejeita-se a hipótese nula com tranquilidade e conclui-se pela presença de ineficiência.

Os testes para verificar se estão presentes retornos constantes de escala indicam que não é possível rejeitar a hipótese de retornos constantes de escala quando a

função de produção é estimada usando-se MQO. Os testes de significância são descritos na tabela 6 a seguir:

Tabela 6. Testes de retornos constantes de escala.

Restrição	Estatística F com 1 grau de liberdade	P-valor	Decisão
$\beta_1 + \beta_2 = 1$	0,11	0,7416	Não Rejeita
$\beta_5 + \beta_6 = 0$	0,03	0,8539	Não Rejeita
$\beta_7 + \beta_9 = 0$	0,06	0,8008	Não Rejeita
$\beta_8 + \beta_9 = 0$	0,18	0,6746	Não Rejeita

Finalmente, faz-se um teste de heterocedasticidade para verificar uma possível não constância na variância dos resíduos. Os resíduos, de fato, parecem ser heterocedásticos. A estatística do teste é igual a 96,587; o que indica rejeição da nula de homocedasticidade ao nível de significância de 1%.

Diante da presença de ineficiência, opta-se por utilizar como metodologia para o cálculo da produtividade da indústria farmacêutica o método das fronteiras estocásticas de produção, pois esta permite a decomposição do resíduo em dois componentes, um termo de ineficiência e um choque puramente aleatório.

Os modelos de fronteiras estocásticas foram introduzidos na literatura econômica por Aigner, Lovell e Schmidt (1977) e Meeusen e van den Broeck (1977) utilizando uma especificação para dados em corte transversal. Posteriormente, Pitt e Lee (1981) especificaram o modelo de Aigner et. al. (1977) para dados em painel. O modelo utilizado é uma variante do especificado por Battese e Coelli (1995), onde permite-se a variação da ineficiência técnica no tempo :

Equação 5

$$\ln y_{it} = \beta_0 + f(\beta_k, x_{it}^k, t) + \varepsilon_{it}, i = 1, \dots, I; k = 1, \dots, n; t = 1, \dots, T$$

Em que $f(\beta_k, x_{it}^k, t)$ é a forma funcional adequada (no caso, *translog*), β_k é o vetor de coeficientes tecnológicos, x_{it}^k é o vetor de insumos utilizados pela firma i no período t (trabalho e capital) e t é a variável tempo que mensura o deslocamento da função de produção ao longo do período sob análise.

O termo de erro ε_{it} é igual a $v_{it} - u_{it}$, em que v_{it} é o choque aleatório $idd N(0, \sigma_v^2)$ não correlacionado com x_{it}^k e u_{it} , $u_{it} \sim N^+(\delta z_{it}, \sigma_u^2)$ é o termo de ineficiência não negativo da firma no período t também não correlacionado com x_{it}^k e $\delta z_{it} = \sigma_{it}^2$ é a variância da ineficiência composta pelo vetor de variáveis específicas das firmas z_{it} e δ o vetor de coeficientes associados a essas variáveis z_{it} é composto

de variáveis não correlacionadas com a matriz de regressores X uma vez que, por hipótese, o termo de ineficiência é independente da demanda por insumos.

Esta extensão do modelo de Battese e Coelli (1995) que modela a média e não a variância da ineficiência foi proposta por Kumbhakar e Lovell (2000) para os casos em que há heterogeneidade não observada em u_{it} , como constatado pelo teste para a presença de heterogeneidade efetuado no modelo estimado usando-se mínimos quadrados ordinários.

Os resultados obtidos usando-se o método de fronteiras estocásticas são apresentados na Tabela 7. Para a estimação dos coeficientes tecnológicos da fronteira estocástica de produção, emprega-se os estimadores de máxima verossimilhança. Para tanto é necessário que seja assumida uma hipótese distributiva para o termo de ineficiência u_{it} .

Diversas distribuições assimétricas têm sido utilizadas na literatura e aqui opta-se pela distribuição exponencial pela sua simplicidade. Uma vez que existe evidência de retornos constantes de escala a estimação do modelo é feita impondo-se esta hipótese.

Antes de estimar o modelo testa-se se, de fato, a hipótese de variância do termo de ineficiência assumida inicialmente pode ser confirmada estatisticamente. De fato, a variância da ineficiência deve ser modelada.

Para explicar a variância da ineficiência, foi utilizada uma variável *dummy* de origem do capital, assumindo o valor 1 se a empresa é nacional e 0 de outra forma, o quadrado do produto como *proxy* para o tamanho da empresa e a relação capital/trabalho como *proxy* para a tecnologia.

Tabela 7. Resultados da estimação da função de produção usando o método de fronteiras estocásticas.

Variáveis	Coefficientes	Desvio-padrão	P-valor
<i>capital</i>	-1,9043*	0,3322	0,000
<i>trabalho</i>	2,9043*	0,3322	0,000
<i>t</i>	-0,0050	0,1718	0,977
<i>t</i> ²	-0,1034	0,2112	0,624
<i>t</i> × <i>trabalho</i>	-0,0088	0,1241	0,480
<i>t</i> × <i>capital</i>	0,0088	0,1241	0,480
<i>trabalho</i> ²	0,1853*	0,2914	0,000
<i>capital</i> ²	0,1853*	0,2914	0,000
<i>trabalho</i> × <i>capital</i>	-0,1853*	0,2914	0,000
<i>constante</i>	22,7242	1,9364	0,000
Variáveis (equação de ineficiência)			
<i>nacional</i>	2,9236*	0,5884	0,00
<i>produto</i> ²	-0,0394*	0,0067	0,00
<i>capital/trabalho</i>	0,7822*	0,1438	0,00

Nota: * indica significância estatística ao nível de 1%.

A constante não aparece na equação que modela a variância da ineficiência, pois um teste de razão de verossimilhança indica que a formulação sem constante é mais adequada.

Os coeficientes associados aos insumos e aos quadrados dos insumos são estatisticamente significantes. O problema é que o coeficiente do capital e o coeficiente da interação do trabalho com o capital aparecem com o sinal negativo, contrário ao esperado. O importante, entretanto, é que o efeito tanto do capital quanto do trabalho quando esses são avaliados em todo o domínio da função é positivo. A derivada com relação ao trabalho é igual a 1,7095 na média e a derivada com relação ao trabalho é igual a 3,2886.

Os coeficientes associados à interação entre o termo de tendência e os insumos são todos estatisticamente insignificantes. A opção por mantê-los se deve ao fato do teste conjunto para todos os termos ($\beta_3 + \beta_4 + \beta_5 + \beta_6 = 0$) que incluem a variável t rejeitar a hipótese nula de que eles são conjuntamente iguais a zero. A estatística F para três graus de liberdade foi 0,20 com um p-valor de 0,8967.

Todas as variáveis que explicam a variância da ineficiência são estatisticamente significantes. Os resultados indicam que empresas nacionais e de maior relação capital/trabalho possuem maior variabilidade de eficiência. Já a variável Produto² apresentou um coeficiente negativo, sinalizando que empresas maiores tendem a estar mais próximas de sua média, tornando, portanto, este grupo mais homogêneo.

Os índices de produtividade

A fim de obter estimativas do crescimento da produtividade total dos fatores a partir da estimação da fronteira feita anteriormente será utilizado, conforme discutido anteriormente, o índice de Malmquist. Este tem algumas vantagens em relação ao índice de Törnqvist-Fisher.

Primeiro, não requer a hipótese de que todas as firmas busquem minimizar custos e maximizar lucros. Segundo, não são necessários dados de preços. Terceiro, os índices de produtividade podem ser decompostos em dois componentes. Um resultante da mudança na eficiência técnica (firmas que ficam mais próximas da fronteira) e outra resultante de mudança técnica (mudanças na fronteira propriamente dita).

A eficiência técnica de cada firma em cada ano pode ser facilmente prevista. Obtém-se a expectativa condicional de $\exp(-u_{it})$, dado o valor de $e_{it} = v_{it} - u_{it}$. Uma vez que u_{it} é uma variável aleatória não negativa, as previsões da eficiência técnica assumirão valores entre zero e um, com o valor de 1 indicando eficiência técnica plena.

As medidas de eficiência técnica (ET) são, então, obtidas a partir da expressão $ET = E(\exp(u_{it})|e_{it})$. A mudança na eficiência técnica, por sua vez, é dada por $ET_{it} | ET_{is}$ esta equação é equivalente ao primeiro termo da equação descrita (1).

O índice de mudança técnica entre dois períodos adjacentes s e t para a i -ésima firma pode ser calculado diretamente dos parâmetros estimados. Basta avaliar a derivada da função de produção com relação ao tempo. No caso da mudança técnica ser não neutra o índice de mudança técnica pode variar para diferentes vetores de insumo. Assim, em geral usa-se uma média geométrica para estimar o índice de mudança técnica entre dois períodos adjacentes t e s :

Equação 6

$$MT = \left\{ \left[1 + \frac{\delta f(x_{is}, s, \beta)}{\delta s} \right] \times \left[1 + \frac{\delta f(x_{is}, t, \beta)}{\delta t} \right] \right\}^{1/2}$$

O termo acima é, por sua vez, equivalente ao segundo termo da equação (1). Os resultados dos índices de produtividade de Malmquist ($ET_{it} | ET_{is} \times MT$) são apresentados na Tabela 8.

Tabela 8. Índice de Malmquist. Brasil, 2000-2006.

Ano	2001/2000	2002/2001	2003/2002	2004/2003	2005/2004	2006/2005
Valor	2,81%	2,81%	3,24%	0,65%	-1,62%	-5,51%
Variaç. Eficiên.	-3,6%	-1,7%	0,69%	0,22%	-0,03%	-1,93%
Variaç. Técnica	6,65%	4,59%	2,53%	0,43%	-1,59%	-3,64%

Observa-se que em 2001, 2002 e 2003 ocorre um aumento na produtividade da indústria farmacêutica. Em 2004 há uma variação praticamente nula na produtividade, seguida de uma queda na produtividade em 2005 e 2006. Em 2005 há também uma inversão no sinal da eficiência técnica e do progresso técnico, indicando que a indústria se distanciou da fronteira e que a própria fronteira retrocedeu.

Coincidentemente, isso ocorre depois da implantação da regra de reajuste de preços com base no fator de produtividade. Os resultados não permitem, obviamente, inferir que a regra levou a uma menor inovação por parte da indústria, mas os resultados indicam que uma avaliação mais cuidadosa dos possíveis efeitos da regulação sobre o setor é no mínimo necessária.

Avaliando-se o comportamento individual das empresas do setor, verifica-se que boa parte das empresas podem ser consideradas eficientes. O critério aqui

definido para classificar uma firma como eficiente é um escore acima de 0,8, ou seja, 80% eficiente. Como o estudo contempla 45 empresas, verifica-se que mais da metade das empresas investigadas atingem o nível estabelecido. A tabela 9 apresenta o número de empresas que ultrapassam este índice a cada ano.

Tabela 9. Número de empresas eficientes considerando o valor de corte de 80%.

Ano	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Número de empresas	27	26	27	30	32	31	30

Considerando-se apenas as 15 empresas mais eficientes, nota-se que há uma tendência destas permanecerem entre as mais eficientes. Embora haja troca nas posições do *ranking* de eficiência, comparando-se com o ano anterior, 12 das 15 empresas citadas permaneceram no *ranking* de 2000 para 2001. Já para o período seguinte, 14 das empresas que aparecem no *ranking* das mais eficientes em 2001 mantêm sua presença em 2002.

Para os anos subseqüentes verifica-se a mesma taxa de permanência, 13 das 15 empresas. Os resultados aqui citados podem ser visualizados na tabela 10. São considerados nesta tabela, ainda, o nível mínimo de eficiência obtido, o médio e o máximo. Nota-se que em nenhum dos anos contemplados, a empresa mais eficiente atingiu eficiência plena, isto é, nenhum escore é igual a 1.

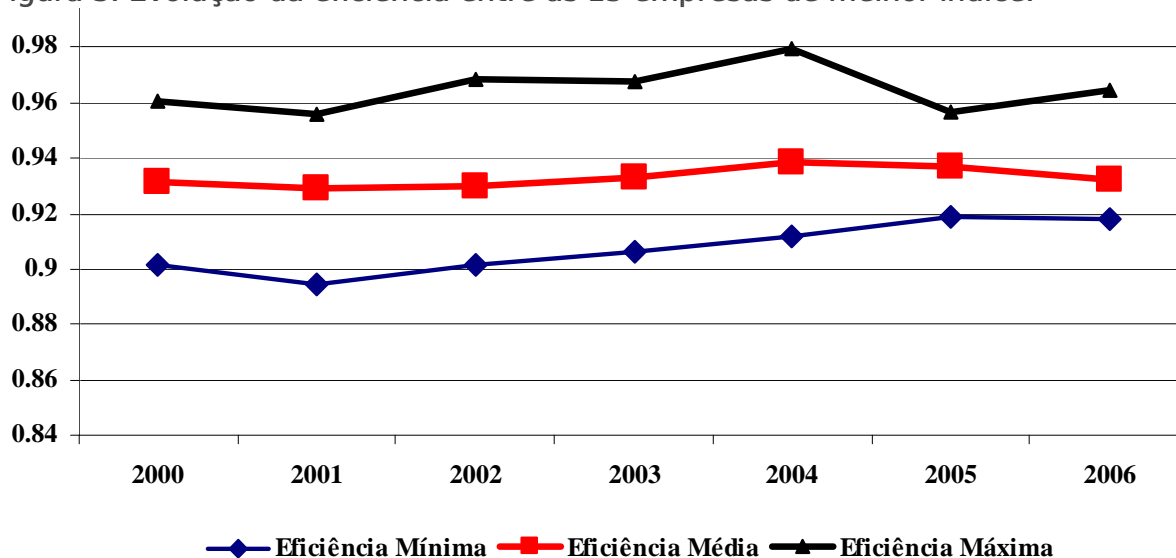
Assim, esta pequena distância em relação à fronteira, se deve a choques aleatórios sofridos pela empresa mais eficiente o que implica em dizer que o termo v_{it} da equação estimada foi sempre negativo para a mesma.

Tabela 10. Persistência das empresas entre as mais eficientes ano a ano.

Ano	Persistência	Eficiência Mínima	Eficiência Média	Eficiência Máxima
2000	-	0.901349	0.93174	0.960381
2001	12/15	0.894743	0.929171	0.956043
2002	14/15	0.901214	0.929855	0.968663
2003	15/15	0.906267	0.932853	0.967447
2004	13/15	0.911996	0.938236	0.979595
2005	13/15	0.918677	0.936977	0.956359
2006	13/15	0.918131	0.93223	0.96433

A figura 3, a seguir, ilustra a evolução destas variáveis:

Figura 3. Evolução da eficiência entre as 15 empresas de melhor índice.



Conclusões

O objetivo deste artigo é propor uma metodologia alternativa para calcular a produtividade da indústria farmacêutica durante o período 2000-2006. Utiliza-se o índice de produtividade total dos fatores (PTF) de Malmquist proposto por Caves, Christensen e Diwert (1982). Para a obtenção do índice é aplicada a metodologia de fronteiras estocásticas desenvolvida por Battese e Coelli (1995).

Esta metodologia permite a separação da PTF em variação na eficiência técnica (uso da melhor tecnologia disponível) e variação tecnológica (mudanças na fronteira de produção propriamente dita). Os dados foram obtidos através de pesquisa feita pela FIPE junto a empresas da indústria farmacêutica. Os dados foram codificados e, assim, não se conhece as empresas por nome, apenas suas características.

As principais conclusões do trabalho são:

- O método de fronteiras estocásticas permite o cálculo da produtividade total dos fatores. Os resultados obtidos indicam que a produtividade total dos fatores, e não a produtividade do trabalho, da indústria farmacêutica sofre uma queda a partir de 2004;
- Ainda que não seja possível fazer projeções para o futuro, o comportamento passado da produtividade a partir das fronteiras estocásticas contrasta com o previsto e adotado pelo governo. Tanto em 2005 quanto em 2006 foram projetados ganhos de produtividade. Como argumentado no item 1, esses ganhos se referem à produtividade somente do fator trabalho. Como não é uma questão de diferenças pequenas de magnitude que a desconsideração do fator capital está trazendo, valeria a

pena uma reflexão mais profunda sobre o que de fato está se medindo. Vale ressaltar mais uma vez que trata-se de uma diferença em termos de direção, o que torna a necessidade de esclarecimentos ainda mais premente;

- c) Além de levar em conta a produtividade total dos fatores, uma vantagem do método de fronteiras estocásticas é a sua fundamentação microeconômica. Modelos do tipo ARIMA são conhecidos pela dificuldade de sua especificação, sendo extremamente sensíveis a mudanças na mesma. Não têm qualquer fundamentação teórica, resultando somente do comportamento dinâmico das variáveis escolhidas;
- d) Concorde-se com a Nota Técnica da SDE/CMED que a fonte de dados para uma decisão desse tipo deve ser confiável. Uma avaliação a partir dos dados da PIA/IBGE da produtividade da indústria farmacêutica também indica uma queda na produtividade nos anos mais recentes (Souza 2006), indicando que não são os dados fornecidos pela indústria que estão viesando os resultados.

Referências

- Aigner D, Lovell CAK, Schmidt P. Formulation and estimation of stochastic frontier production function models. *J Econometrics*. 1977, 6:21-37.
- Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). *Resolução 1, de 27 de fevereiro de 2004*. Brasília: Câmara de Regulação do Mercado de Medicamentos (CMED), 2004.
- Battese G, Coelli TJ. A model for technical inefficiency effects in a stochastic frontier production function for panel data. *Empirical Economics*. 1995, 20(2):325-32.
- Bjurek H, Førsund FR, Hjalmarsson L. Malmquist productivity indexes: an empirical comparison. In: Färe R, Grosskopf S, Russell RR. (Eds.). *Index numbers: essays in honour of Sten Malmquist*. Boston: Kluwer Academic Publishers, 1998.
- Caves DW, Christensen LR, Diewert WE. The economic theory of index numbers and the measurement of input, output, and productivity. *Econometrica* 1982, 50(6):1393-414.
- Coelli TJ. Measurement and sources of technical inefficiency in Australian electricity generation. *New England Conference on Efficiency and Productivity*. University of New England. Armidale (November), 23-24, 1995.
- Coelli TJ, Rao DSP, Battese G. *An introduction to efficiency and productivity analysis*. Boston: Kluwer Academic Publishers, 1998.

- Debreu G. The coefficient of resource utilization. *Econometrica*. 1951, 19(3):273-92.
- Färe R, Grosskopf S, Roos P. 1998. Malmquist productivity indexes: a survey of theory and practice. In: Färe R, Grosskopf S, Russell RR. (Eds.). *Index numbers: essays in honour of Sten Malmquist*. Boston: Kluwer Academic Publishers, 1998.
- Färe R, Grosskopf S, Norris M, Zhang Z. Productivity growth, technical progress, and efficiency change in industrialized countries. *Am Econ Review*. 1994, 84(1):66-83.
- Farrell MJ. The measurement of productive efficiency. *J Royal Statistical Soc A – General*. 1957, 120:253-81.
- Kumbhakar SC, Lovell K. *Stochastic frontier analysis*. Cambridge: Cambridge University Press, 2000.
- Malmquist S. Index numbers and indifference surfaces. *Trabajos de Estadística*. 1953, 4:209-42.
- Meeusen W, Broeck J. Efficiency estimation from Cobb-Douglas production functions with composed error. *Intern Econom Rev*. 1977, 18:435-44.
- Ministério da Saúde. *Nota Técnica SDE. Cálculo do fator de produtividade previsto na regra de reajuste de preços de medicamentos*. Brasília: CMED 24 out. 2005. Documento de trabalho.
- Pitt MM, Lee LF. Measurement and sources of technical inefficiency in the Indonesian weaving industry. *J Devel Econom*. 1981, 9:43-64.
- Sollow R. Technical change and the aggregate production function. *Review Econom Statist*. 1957, 39(3):312-20.
- Souza IV. *Avaliação dos ganhos de eficiência e produtividade na indústria farmacêutica brasileira 1996-2003*. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade (FEA-USP), 2006.