

Condicionantes da produtividade da agropecuária brasileira¹

José Garcia Gasques²
Eliana Teles Bastos³
Mirian P.R. Bacchi⁴
Júnia C.P.R. da Conceição²

Resumo

Este trabalho tem por objetivo principal obter estimativas da produtividade total dos fatores (PTF), na agropecuária brasileira de 1975 a 2002, onde várias transformações ocorreram e, sem dúvida, afetaram o desempenho dos indicadores estimados. Outro objetivo do estudo é analisar os condicionantes do crescimento da PTF. São analisadas variáveis como dispêndios públicos em pesquisa, crédito rural e relação de trocas, que supostamente tiveram efeitos sobre os atuais padrões de crescimento da agropecuária no País. As estimativas da PTF são obtidas pela agregação dos produtos e dos insumos por meio do índice de Tornqvist, comumente utilizado nesses estudos. A análise dos fatores condicionantes da produtividade é feita utilizando-se um modelo de Auto-Regressão Vetorial (VAR), através do qual se estimam os efeitos que os dispêndios públicos com pesquisa de crédito rural e relação de trocas tiveram sobre a PTF.

Palavras-chave: Agricultura, produtividade total dos fatores, Brasil.

Introdução

Em trabalhos anteriores mostrou-se que, no Brasil, tem sido grande o interesse por

trabalhos que utilizam a abordagem da produtividade parcial dos fatores ao analisar a agricultura brasileira. Talvez um dos motivos dessa escolha seja a dificuldade de trabalhar com indicadores mais abrangentes como a produtividade total dos fatores (PTF). De fato, o uso desse indicador encontra barreira de limitação ou ausência de informações, especialmente em relação aos insumos, embora dificuldades também existam na mensuração do produto. Apesar disso, vários trabalhos têm sido feitos e trazidos bons esclarecimentos a respeito do crescimento da agricultura brasileira, como os trabalhos de Vicente e Neves (1990), Ávila e Evenson (1995) e Gasques e Conceição (1997, 2000).

O presente trabalho tem por objetivo obter estimativas da PTF na agropecuária brasileira, num período de tempo em que várias transformações ocorreram, e que sem dúvida afetaram o desempenho dos indicadores estimados. Para essa análise, o período considerado é de 1975 a 2002. Outro objetivo do estudo é analisar os condicionantes do crescimento da produtividade. São analisadas variáveis como pesquisa, crédito rural e relação de troca, que supostamente tiveram efeitos sobre os atuais padrões de crescimento da agropecuária no País.

¹ Este trabalho foi realizado com recursos do Projeto Rede-IPEA.

² Técnicos de Planejamento e Pesquisa do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), gasques@ipea.gov.br, junia@ipea.gov.br

³ Estudante de Pós-graduação da Universidade de Brasília (UnB), auxiliar de pesquisa, eliteles@ipea.gov.br

⁴ Professora da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ)/USP, mrpbacch@esalq.usp.br

A contribuição de trabalhos dessa natureza situa-se em pelo menos dois pontos: a) suprir lacunas no conhecimento da dinâmica de crescimento desse importante setor da economia nacional que é a agropecuária; b) uso dos resultados para fins de política, já que o trabalho trata de instrumentos que são da maior relevância na definição de políticas agropecuárias.

Metodologia e dados

Medidas de produtividade parcial

A produtividade parcial dos fatores (PPF) é expressa pela relação entre o produto e um único fator de produção. Ela permite medir como o produto por unidade de insumo varia no tempo, ignorando a contribuição de outros fatores (WEN, 1993). A PPF mais abrangente, usada para a economia como um todo, é o índice de produtividade do trabalho, produção por trabalhador. A produção pode ser medida por um único produto, podendo ser expressa em quantidade, ou como um agregado de produtos, indicando, nesse caso, que os preços devem ser usados para a agregação. Para fazer comparações ao longo do tempo, os preços usados devem ser reais ou preços constantes (FAO, 2000). Para a agricultura, o índice de PPF mais usado é a produção por unidade de área ou produtividade da terra.

A principal limitação da PPF é que esse indicador pode ser afetado por mudanças de outros fatores, além do fator usado na construção do índice (FAO, 2000). Por exemplo, aumentos nas aplicações de fertilizantes por unidade de área elevarão a produtividade, mas não se pode inferir que um aumento na produtividade de lavouras é um resultado do melhoramento genético ou da redução nos custos de transação, a menos que seja usado algum controle (estatístico ou experimental) para o uso do outro fator. A despeito dessa limitação, os índices de produtividade parcial são indicadores muito usados para medir mudanças da produtividade, uma vez que eles são disponíveis para lavouras

específicas, possibilitando comparações por cultura (FAO, 2000).

Apesar da contribuição que os estudos sobre produtividades parciais têm trazido, existem evidências de que as medidas de produtividade parcial são insuficientes (CHRISTENSEN, 1975; ALVES, 1979). Christensen inicia um artigo clássico sobre conceitos e medidas de produtividade mostrando uma preocupação nesse sentido, embora sua perplexidade fosse pela falta de aprimoramento metodológico sobre esse assunto, especialmente quanto à mensuração dos índices da PTF. O autor menciona que o Serviço de Estatísticas do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos utiliza a PTF desde 1947, e ele não acredita que tenha que convencer alguém sobre a importância desse conceito. Acredita-se que atualmente esse problema de mensuração da PTF esteja superado, pois muito se avançou nos últimos anos no aprimoramento de técnicas de estimação dos índices (abordagem não-paramétrica), principalmente no cuidado quanto à mensuração dos insumos, embora essa preocupação tenha sido um dos traços marcantes dos trabalhos de Griliches (1960).

Medidas de produtividade total dos fatores

A produtividade total dos fatores (PTF) é uma relação entre todos os produtos, expressos em um índice, e os insumos totais também são expressos na forma de um índice.

Se a relação entre o total de produtos e de insumos totais é crescente, então a relação pode ser interpretada da seguinte forma: mais produto pode ser obtido para um dado nível de insumos (AHEARN et al., 1998). A taxa de crescimento da PTF é a taxa de crescimento do produto menos a taxa de crescimento do índice agregado de insumos. O crescimento da PTF capta o crescimento do produto que é devido ao uso mais eficiente dos fatores de produção, proporcionado pela melhoria tecnológica. Diferenças na PTF da agropecuária ao longo do tempo podem resultar de vários fatores. Esses fatores incluem (AHEARN et al., 1998):

- Diferenças na eficiência (menos do que o máximo de produto é produzido a partir de uma cesta de insumos em determinados períodos).

- Variação na escala ou nível de produção ao longo do tempo, quando o produto por unidade de insumo varia com a escala de produção.

- Mudança tecnológica.

Uma representação gráfica da função de produção esclarece o que uma medida de produtividade pode captar (AHEARN et al., 1998). No caso mais simples, um único produto (Y) é produzido com um único insumo (X). Na Fig. 1, qualquer ponto ao longo da curva Y_1 indica o máximo de Y que pode ser obtido para um dado nível de X . Qualquer combinação X, Y , abaixo da curva (ponto A, por exemplo), representa uma produção tecnicamente ineficiente desde que mais Y poderia ser produzido com a mesma quantidade de X .

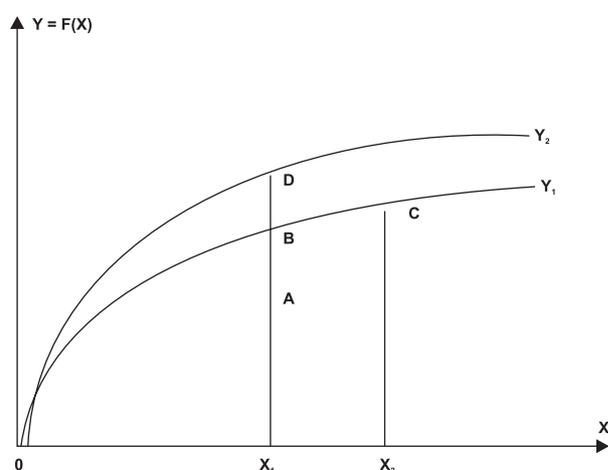


Fig. 1. Relações entre produção e produtividade, mudanças da produtividade resultam de diferenças na eficiência, escala de produção, ou mudança tecnológica.

A curvatura da função de produção na Fig. 1 representa uma tecnologia de produção com retornos decrescentes à escala. À medida que cresce a quantidade do insumo X , são

necessários acréscimos cada vez maiores em X para obter uma unidade adicional de Y . Se, ao longo do tempo, os produtores elevarem sua produção, dada a curvatura de Y , eles irão obter menor produção por unidade de insumo (AHEARN et al., 1998).

Por meio da inovação tecnológica, mais unidades de Y podem ser obtidas para um dado nível de X . Uma mudança da tecnologia de produção pode ser representada na Fig. 1, como um deslocamento da superfície de produção de Y_1 para Y_2 . A cada escala de produção, mais produto é produzido com a nova tecnologia representada em Y_2 , do que com a tecnologia original Y_1 . Por exemplo, quando a tecnologia de produção é representada por Y_1 , um nível de insumo X_1 resultará um produto no ponto B. Contudo, após a mudança representada por Y_2 , a mesma quantidade de insumo, X_1 , proporciona uma produção maior (ponto D). A mudança tecnológica está geralmente embutida na melhoria da qualidade humana e do capital físico. Como foi visto, essa fonte de crescimento pode ser medida pelo movimento do ponto B para o ponto D. Esse aumento do produto é captado pela PTF ao longo do tempo. Esse deslocamento do ponto B para D, onde mais produto pode ser obtido com uma mesma quantidade de insumos, pode ser motivado também, segundo Wen (1993), por inovação institucional. O produto pode crescer também quando certas restrições institucionais na alocação de recursos são eliminadas.

Condicionantes da produtividade total dos fatores

Existem vários fatores que podem afetar a produtividade agrícola (ROSEGRANT; EVENSON, 1992; PRESCOTT, 1997; AHEARN et al., 1998). As pressões sobre os preços relativos de insumos são usualmente citadas como fonte de inovação técnica na agricultura, denominada conceito de inovação induzida. Os agricultores são sensíveis a mudanças nos preços relativos dos insumos. Se o salário da mão-de-obra se eleva em relação ao preço do capital, os agricultores tentarão usar mais capital em lugar de trabalho.

Essa mudança dos preços relativos pode também induzir as firmas privadas (por exemplo as companhias de máquinas agrícolas) a desenvolver novas tecnologias que poupam trabalho em relação ao insumo mais dispendioso (AHEARN et al., 1998).

O crescimento do produto, como foi visto, pode resultar do aumento do uso dos insumos ou do aumento da produtividade. Como a produtividade total dos fatores é calculada como a diferença entre a taxa de crescimento do produto e a taxa de crescimento dos insumos, a produtividade é o resultado de mudança tecnológica e de muitos outros fatores. As medidas de produtividade, segundo Ahearn et al. (1998), não oferecem qualquer informação acerca do papel em separado de cada um desses fatores. Contudo, eles argumentam que um entendimento das fontes de crescimento da produtividade é de interesse, em razão da importância econômica das ligações entre crescimento da produtividade e nível de vida da sociedade.

Rosegrant e Evenson (1992), ao analisarem as fontes de crescimento da produtividade de lavouras no sul da Ásia, utilizaram diversas variáveis, como salário real, educação, pesquisa, extensão, preços relativos e outras. Ávila e Evenson (1995) analisaram os efeitos da pesquisa e desenvolvimento sobre a produtividade total dos fatores na agropecuária brasileira, como uma das escassas experiências sobre esse tipo de trabalho no País. Mais recentemente, Ahearn et al. (1998) mostram que diversas fontes têm sido identificadas na literatura como as mais importantes na mudança da produtividade na agricultura, sendo elas:

- Pesquisa e desenvolvimento.
- Extensão.
- Educação.
- Infra-estrutura.
- Programas de governo.

Finalmente, um estudo da FAO (2000) aponta como condicionantes do crescimento da PTF os dispêndios em pesquisa, extensão, escolaridade e infra-estrutura.

Neste trabalho são analisados os seguintes condicionantes do crescimento da produtividade total dos fatores: dispêndios realizados pela Embrapa em pesquisa e desenvolvimento; desembolso em crédito rural e relação de trocas da agropecuária. O comportamento dessas três variáveis, ao longo do tempo, pode ser visto nas Fig. 2, 3 e 4, que mostram a evolução dos gastos com pesquisa e desenvolvimento realizados pela Embrapa, os desembolsos do crédito rural, no período 1975 a 2002, e a evolução da relação de trocas no período 1986 a 2002.

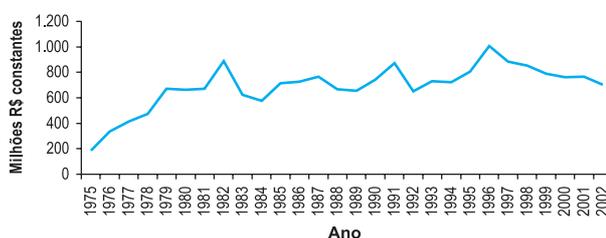


Fig. 2. Gastos com pesquisa e desenvolvimento pela Embrapa.

Fonte: Embrapa.

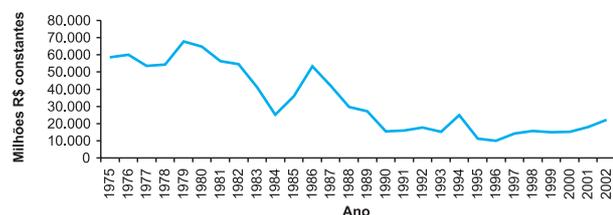


Fig. 3. Crédito rural – Desembolsos a produtores, cooperativas e Pronaf.

Fonte: Bacen.

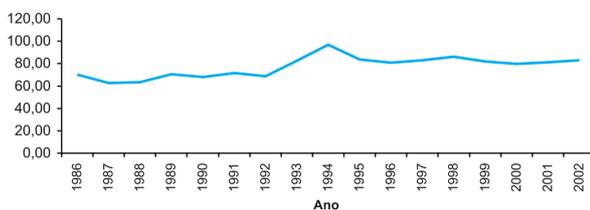


Fig. 4. Relação de trocas – Relação entre preços recebidos pelos agricultores e preços pagos pelos insumos adquiridos.

Fonte: FGV.

Estimação da produtividade total dos fatores (PTF)

A mensuração do índice de PTF foi baseada na metodologia usada por Christensen e Jorgenson (1970). Foi utilizada a fórmula de Tornqvist, tendo em vista a sua superioridade em relação aos tradicionais índices de Laspeyres e Paache. A principal diferença entre os índices de Laspeyres e Tornqvist é que aquele mantém os preços fixados em um período base, e este usa os preços tanto para o período base como para o período de comparação. Em Tornqvist os preços variam ano a ano em todo o período analisado, e isso pode, em certos casos, ser tomado como uma desvantagem devido à não disponibilidade dos dados de preços para produtos e insumos para todos os anos. O índice de Tornqvist é preferível ao de Laspeyres porque não requer a suposição irrealista de que todos os insumos são substitutos perfeitos na produção (CHRISTENSEN, 1975; AHEARN et al., 1998).

O índice de Tornqvist é considerado superior aos demais índices por corresponder a uma função de produção mais flexível como a translog, conforme foi demonstrado por Diewert (1976). Segundo Christensen (1975), a característica de flexibilidade de uma função de produção está relacionada ao fato de ela aproximar estruturas de produção com arbitrárias possibilidades de substituição. Christensen et al. (1971) apresentam uma análise mais aprofundada sobre a função translog. As propriedades do índice de Tornqvist são detalhadamente discutidas em Nadiri (1970) e Hulten (1973).

Essa abordagem, chamada de abordagem do número-índice ou não-paramétrica, tem tido utilização em diversas áreas como agricultura, indústria e infra-estrutura (GASQUES; CONCEIÇÃO, 2000). Outra maneira de estimar a produtividade total é através do uso de econometria: calcula-se a variação da produtividade total a partir da mensuração do deslocamento de funções de produção e de custo (Veeman, 1995, p.523).

O Departamento de Agricultura dos Estados Unidos usa o índice de Tornqvist para acompanhar a evolução da PTF da economia americana (AHEARN et al., 1998) e possui uma série de PTF desde 1947 (BALL et al., 1997).

A definição do índice de Tornqvist é a seguinte:

$$PTF_t/PTF_{t-1} = \frac{\pi_{i=1}^n \left(\frac{Y_{it}}{Y_{it-1}} \right)^{\frac{S_i+S_{i-1}}{2}}}{\pi_{j=1}^m \left(\frac{X_{jt}}{X_{jt-1}} \right)^{\frac{C_j+C_{j-1}}{2}}} \quad (1)$$

Nessa expressão Y_i e X_j são, respectivamente, as quantidades dos produtos e dos insumos; S_i e C_j são, respectivamente, as participações do produto i no valor agregado dos produtos e dos insumos j no custo total dos insumos.

Aplicando-se logaritmo à expressão acima, chega-se à formulação geral de Tornqvist que é a seguinte:

$$\ln(PTF_t/PTF_{t-1}) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n (S_{it} + S_{it-1}) \ln \left(\frac{Y_{it}}{Y_{it-1}} \right) - \frac{1}{2} \sum_{j=1}^m (C_{jt} + C_{jt-1}) \ln \left(\frac{X_{jt}}{X_{jt-1}} \right) \quad (2)$$

O lado esquerdo da expressão (2) define a variação da produtividade total dos fatores entre dois períodos sucessivos de tempo.

O primeiro termo no segundo membro da expressão (2) é o somatório dos logaritmos da razão das quantidades de produto em dois períodos de tempo sucessivos, ponderados pela participação de cada produto no valor total da produção. O segundo termo é o logaritmo da razão de quantidades de insumos em dois períodos de tempo sucessivos, ponderados pela participação de cada insumo no custo total.

Verifica-se, portanto, que a construção do índice de Tornqvist requer a disponibilidade de preços e quantidades para todos os produtos e insumos utilizados (GASQUES; CONCEIÇÃO, 2000).

A partir da expressão (2), o índice de PTF é obtido da seguinte forma. Inicialmente, obtido o resultado da expressão, calcula-se o exponencial desse resultado para cada ano que se está analisando. Feito isso, para obter o índice de PTF considera-se um ano base como 100 e se encadeiam os índices dos anos subsequentes por meio da seguinte expressão,

$$PTF_t^e = PTF_t \cdot PTF_{t-1}^e$$

onde os valores sem o sobrescrito *e* referem-se aos índices antes do encadeamento e os valores com o sobrescrito *e* são os índices já encadeados. Como se vê, cada índice de PTF é calculado em relação ao período imediatamente anterior e não em relação a um único ano-base. Esse processo de encadeamento é explicado por Thirtle e Bottomley (1992) e também por Hoffmann (1998).

Uma vez estimado o índice de PTF, outro passo consistirá em analisar os principais condicionantes da produtividade agrícola. Esse assunto tem sido tratado, especialmente na literatura internacional, e usualmente as variáveis incluídas são: educação, extensão rural, pesquisa e crédito rural. Como vimos anteriormente, neste trabalho as variáveis utilizadas como condicionantes da PTF são pesquisa agropecuária, crédito rural e relação de trocas.

A utilização do modelo VAR na análise dos condicionantes da produtividade total dos fatores.

No presente estudo, utilizou-se a metodologia de Auto-Regressão Vetorial (VAR) com identificação pelo processo de Bernanke (1986) para analisar os efeitos das variáveis gastos com pesquisa e crédito rural sobre a produtividade total dos fatores. O uso da

metodologia VAR possibilita que sejam obtidas as elasticidades de impulso para *k* períodos à frente, as quais possibilitam a avaliação do comportamento das variáveis em resposta a choques individuais em cada um dos componentes do modelo, podendo-se assim analisar, através de simulação, efeitos de eventos que tenham alguma probabilidade de ocorrer⁵. A metodologia VAR possibilita, também, a decomposição histórica da variância dos erros de previsão, *k* períodos à frente, em percentagens a serem atribuídas a cada variável componente do modelo, permitindo avaliar o poder explicativo de cada variável sobre as demais. A metodologia VAR tem como limitação o fato de ter uma estrutura recursiva para as relações contemporâneas entre as variáveis. O modelo conhecido como VAR estruturado, desenvolvido por Bernanke, supera tal restrição e permite estabelecer relações contemporâneas entre as variáveis (HARVEY, 1990; HAMILTON, 1994).

Um modelo VAR estruturado pode ser representado por:

$$B_0 y_t = B_1 y_{t-1} + B_2 y_{t-2} + \dots + B_p y_{t-p} + e_t \quad (1)$$

onde y_t é um vetor com variáveis de interesse; B_j são matrizes ($n \times n$) para qualquer j , com B_0 sendo a matriz de relações contemporâneas e e_t é um vetor $n \times 1$ de choques ortogonais. Além de se considerar que os componentes de e_t são não-correlacionados serialmente, adota-se a suposição de que eles não têm causa comum, tratando-os como mutuamente não-correlacionados, de tal forma que $E(e_t e_t') = D$. A equação (1) pode ser escrita como:

$$B(L)y_t = e_t \quad (2)$$

onde $B(L)$ é um polinômio em L ($B_0 + B_1 L + B_2 L^2 + \dots + B_p L^p$) com L sendo o operador de defasagem tal que $L^j y_t = y_{t-j}$ para j inteiro.

⁵ A simulação baseada na função impulso-resposta do VAR provê um mecanismo para estimar resposta a choques sem manter a pressuposição de condições *ceteris paribus* para as outras variáveis do modelo.

Para a estimação do modelo, pré-multiplica-se (2) por B^{-1}_0 e obtém-se a forma reduzida:

$$A(L)y_t = u_t \quad (3)$$

na qual $A(L) = B^{-1}_0 B(L)$, $A_0 = I_n$ e $u_t = B^{-1}_0 e_t$. A equação (3) pode ser estimada por Mínimos Quadrados Ordinários e com o uso do procedimento de Bernanke pode-se estimar, através da maximização da função de verossimilhança, os coeficientes de B_0 e D .

Se o processo é estacionário, a equação (3) pode ser escrita na forma de média móvel (LÜTKEPOHL, 1991):

$$y_t = C(L)u_t \quad (4)$$

na qual $C(L)$, que é estimado conhecendo-se $A(L)$, é um polinômio de ordem infinita de matrizes C_j . Escrevendo a equação (4) em termos de e_t tem-se

$$y_t = C(L)B^{-1}_0 e_t \quad (5)$$

Essa equação pode ser usada para analisar os efeitos dos choques e a decomposição da variância do erro de previsão. O modelo, conforme descrito, requer o uso de séries estacionárias ou séries que se tornam estacionárias após a diferenciação, objetivando evitar obter um relacionamento espúrio entre as variáveis. Para testar a estacionariedade das séries, utilizaram-se os testes de Dickey-Fuller. Se as séries são integradas de mesma ordem e co-integradas, um termo de correção de erro deve ser incluído no modelo, sem o qual ocorre erro de especificação (ENGLE; GRANGER, 1987; JOHANSEN; JUSELIUS 1990).

Diversos estudos tratam de estabelecer procedimentos para verificar a ordem de integração de uma série temporal. Entre os procedimentos existentes, os de Fuller (1976), complementados pelos de Dickey e Fuller (1979, 1981), têm sido bastante utilizados. Pressupondo que a série é gerada por um processo auto-regressivo de ordem p [AR(p)], o seguinte modelo pode ser utilizado para testar raiz unitária:

$$\Delta x_t = \alpha + \beta T + \eta x_{t-1} + \sum_{i=1}^{p-1} \theta_i \Delta x_{t-1} + e_t \quad (6)$$

$$\text{sendo: } \eta = \sum_{i=1}^p \rho_i - 1; \quad \theta_i = -\sum_{j=i+1}^p \rho_j; \quad e$$

T = tendência determinista do modelo. Os testes de AIC (AKAIKE Information Criterion) e SC (SCHWARZ Criterion), numa versão uni-equacional, podem ser utilizados para a determinação do valor de p , de forma a se obter resíduos não correlacionados, ou seja, ruído branco (LÜTKEPOHL, 1991). O teste Q de Ljung Box, por sua vez, dá uma indicação da existência ou não de autocorrelação serial, podendo ser utilizado como procedimento auxiliar na determinação do valor de p .

Os testes de Dickey e Fuller consistem na utilização das estatísticas $\tau_{\beta\tau}$ e $\tau_{\alpha\mu}$ que avaliam a significância dos coeficientes da variável tendência (β) do modelo que inclui essa variável e da constante no modelo no qual a tendência é excluída. São utilizadas as estatísticas τ_r , τ_μ e τ , as quais correspondem aos coeficientes da variável defasada (η) do modelo com constante e tendência, apenas constante e sem constante e tendência, respectivamente.

Se as variáveis são integradas de mesma ordem, um próximo passo seria testar a existência de co-integração entre elas. O conceito de co-integração está relacionado com uma relação de equilíbrio, no longo prazo, entre as variáveis. O procedimento de Johansen (1988) é indicado para testar co-integração quando se trata de modelo multiequacional.

Os dados

Pela definição de produtividade total dos fatores como uma medida representada pela relação entre um índice agregado de produto total e um índice agregado de insumo total, serão apresentadas inicialmente as informações para a obtenção do índice de produto e, logo em seguida, as referentes à construção dos índices de insumos.

Para a estimação do índice agregado de produto no período 1975 a 2002, foram utilizadas as seguintes informações.

O índice de produto foi construído agregando, através de seus respectivos preços, 66 produtos das lavouras permanentes e temporárias, cujas informações foram publicadas em 2000 e 2001, pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2004a) na pesquisa Produção Agrícola Municipal (PAM) e no Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (LSPA). Os preços utilizados para a obtenção do valor de produção e para agregar as diferentes lavouras, são os preços médios anuais recebidos pelos agricultores, divulgados pela Fundação Getúlio Vargas (2004b). A obtenção do valor da produção é um passo necessário na construção do índice de Tornqvist para se determinar as participações de cada produto no valor total da produção.

Não é necessário trabalhar com valores deflacionados, pois, como foi visto, o índice de Tornqvist é estimado a partir das participações de cada produto, o que dispensa a atualização da moeda.

No caso da pecuária, por meio de um procedimento análogo ao das lavouras, foi também possível obter as participações de cada produto animal no valor da produção.

A produção da pecuária utilizada neste trabalho é formada por dois subgrupos de produtos. O primeiro é constituído pelos bovinos, suínos e aves, em que as quantidades são expressas em peso de carcaças. As fontes dessas informações se encontram nos Anuários Estatísticos do Brasil (IBGE, 1978, 1979, 1980, 1982, 1985, 1987, 1989, 1992a, 1995a, 1997b, 1999a, 1999b, 2000b). As informações dos últimos cinco anos que não estão apresentadas nessas publicações foram fornecidas pelo IBGE/Deagro. Os preços referentes a esses produtos são os preços recebidos pelos produtores, e publicados pela Fundação Getúlio Vargas (2004b). O outro subgrupo que compõe a pecuária é formado por: leite, lã, ovos de galinha, ovos de codorna, ovos de outras aves,

mel de abelha, cera de abelha, casulos do bicho da seda. As quantidades e o valor desses produtos encontram-se publicados em IBGE (2004b).

O índice agregado de insumos foi estimado utilizando-se os seguintes fatores: terra, pessoal ocupado, máquinas agrícolas automotrizes, fertilizantes (nitrogenados, fosfatados e potássicos) e defensivos agrícolas (inseticidas, acaricidas, formicidas, herbicidas e outros). As fontes e as definições de quantidades e valores desses fatores são as seguintes:

Terra

O conceito de terra para o IBGE é a área colhida com lavouras temporárias, lavouras permanentes e com pastagens, naturais e plantadas. O custo das terras de lavouras foi obtido multiplicando as áreas ocupadas, em cada ano, com lavouras pelo preço médio anual dos arrendamentos em dinheiro de terras de lavouras, publicados pela Fundação Getúlio Vargas (2004a). Do mesmo modo, o custo da utilização das áreas de pastagens foi calculado multiplicando o preço médio anual do arrendamento das terras para explorações em produção animal pela área ocupada por pastagens.

Nesse cálculo do custo das áreas utilizadas com pastagens, a série de dados anuais de área foi obtida a partir de informações existentes em vários anos censitários. Foi calculada nesses anos a relação entre área ocupada pelo efetivo de bovinos. A relação obtida foi multiplicada nos anos entre censos pelo efetivo de bovinos (IBGE, 1978, 1979, 1980, 1982, 1985, 1987, 1989, 1992, 1995, 1997, 1999, 2000b).

O resultado dessa multiplicação refere-se à área de pastagens. Desse modo, a partir dos quatro pontos dos anos de censo obtiveram-se as informações sobre a área com pastagem no período de 1975 a 2002.

Mão-de-obra

A Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios –(PNAD) é a fonte de informação para mão-de-obra ocupada publicada pelo IBGE.

É a única que publica dados anuais de pessoal ocupado e rendimentos do trabalho segundo ramos de atividades. A quantidade de mão-de-obra refere-se ao total de pessoas de 10 anos ou mais de idade que têm na atividade agrícola sua ocupação principal. A série de dados utilizada levou em conta as mudanças na metodologia da PNAD, ocorridas em 1992. A partir desse ano, foram computadas as pessoas que estavam na agricultura, mesmo que não estivessem desenvolvendo trabalhos agrícolas, como os que estavam ocupados na produção para o próprio consumo, os que estavam em atividade de construção para o próprio uso e os não-remunerados que trabalhavam menos de quatorze horas por semana. Isso acarretaria uma superestimação do pessoal ocupado, comparativamente ao período anterior a 1992, que não considerava esse tipo de informação. Por essa razão, para os anos de 1992, 1993 e 1995, já que em 1994 não foi feita a PNAD, utilizou-se uma tabulação cedida pelo IBGE, também usada em trabalho anterior (IBGE, 1992b, 1993, 1995b; GASQUES; CONCEIÇÃO, 1997). Essa série, de 1975 a 1995, foi atualizada até 2001 com as informações fornecidas por Mauro Del Grossi, compatíveis com a série anterior por serem também da PNAD. Para estimar o custo da mão-de-obra em cada ano, multiplicou-se o ponto médio de cada classe de rendimento da PNAD, que é expresso em número de salários-mínimos, pelo número de pessoas ocupadas por classe de rendimento. Esse produto gerou um montante em salários-mínimos, que foi transformado em moeda corrente utilizando o valor do salário-mínimo médio do ano.

Máquinas agrícolas automotrizes

A obtenção das informações referentes ao capital sob a forma de máquinas e de equipamentos também apresentou dificuldades devido à ausência de informações sobre seus serviços. Entretanto, o uso do estoque de capital e não de seus serviços também é um procedimento usual na literatura (CHRISTENSEN; JORGENSON, 1970, p. 47). Há uma boa discussão para a obtenção do estoque de tratores em Barros (1999), mas, infelizmente, as séries por ele

estimadas chegam apenas a 1997. Utilizou-se neste trabalho um procedimento semelhante ao usado por Gasques e Conceição (1997). Como estimativas de valor para a obtenção das participações de máquinas e equipamentos no custo total, utilizou-se o faturamento líquido, definido pela Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (Anfavea), como sendo a soma das vendas de máquinas e peças de reposição. A quantidade de máquinas, por sua vez, refere-se ao número de unidades de máquinas agrícolas automotrizes vendidas anualmente (produção interna e importação) obtidas também na Associação... (2004).

Para obter o estoque de máquinas foi adotado o seguinte procedimento. O número de unidades vendidas anualmente foi acumulado ano a ano, até 2002. A partir de 2002, subtraiu-se a cada 16 anos o número de unidades adquiridas, pois supôs-se uma depreciação linear anual de 6% (BARROS, 1999). Por exemplo, o estoque em 2002 foi obtido pela subtração do número de vendas de máquinas acumuladas nesse ano (1.417.341); o número de unidades vendidas até 1987 (990.023); o estoque em 2002 foi obtido pela subtração da quantidade de vendas acumuladas até esse ano pelo número de unidades vendidas até 1986, e assim sucessivamente.

Defensivos agrícolas e fertilizantes

Na categoria de defensivos agrícolas são incluídos os inseticidas, acaricidas, formicidas, herbicidas e outros. As informações de quantidade e de valor referem-se ao consumo aparente do princípio ativo, segundo o IBGE (1997a, 1997c, 1998a, 1998b, 1999c, 2000a). Como as informações sobre esses insumos foram publicadas até 1998, a série até 2002 foi obtida através de projeções de quantidades e de valores, obtidas por taxas geométricas de crescimento.

Com relação aos fertilizantes, as informações coletadas se referem ao consumo aparente de nutrientes de nitrogenados, fosfatados e potássicos. O anuário do IBGE

publica apenas as informações sobre consumo aparente, de modo que os preços médios de fertilizantes são os da Fundação Getúlio Vargas (2003). Como as informações sobre o consumo aparente de fertilizantes estavam disponíveis somente até o ano de 1999, a atualização até o ano de 2002 foi feita através de projeção pela taxa geométrica de crescimento a partir dos anos anteriores desde 1975.

Como as características de produtos químicos, especialmente defensivos e fertilizantes, mudam com o tempo, alguns trabalhos têm utilizado uma técnica de regressão que leva em conta a mudança de qualidade dos insumos. Para isso são construídos índices de preço de fertilizantes e agrotóxicos usando a técnica de *hedonic regression*, onde o coeficiente associado a uma variável *dummy* pode ser interpretado como um índice de preço ajustado para mudança de qualidade (AHEARN et al., 1998, p.18).

Resultados

Estimativas da produtividade total dos fatores (PTF)

As estimativas da PTF, do índice do produto e do índice de insumos, obtidas através do índice de Tornqvist, e também dos índices desagregados de mão-de-obra, terra e capital são apresentadas na Tabela 1. Verifica-se que partindo-se de 100 em 1975, o crescimento do índice de produto foi muito superior ao índice de insumos o que revela um crescimento em decorrência da produtividade. No período de 1975/2002, o produto agropecuário cresceu a uma taxa média anual de 3,28% , enquanto o índice agregado de insumos cresceu a uma taxa negativa. Esse crescimento negativo no uso de fatores de produção ocorreu, como se nota na tabela, por causa dos sinais negativos das taxas de crescimento dos índices de mão-de-obra e terra.

A produtividade total dos fatores cresceu no período 1975/2002 a uma taxa média anual de 3,30%. Embora essa taxa possa ser considerada elevada, as taxas obtidas a partir

dos anos 90 revelam estimativas também elevadas para o crescimento da PTF. Na década de 90, a taxa média anual de crescimento da PTF foi de 4,88% e no início dos anos 2000, de 6,04% (Tabela 1).

Outra evidência direta do crescimento da agropecuária, baseado nos acréscimos da PTF, pode também ser notada na tabela ao se observar que entre 1975 e 2002 o índice de produto cresceu 160,66% enquanto o índice de insumos aumentou apenas 21,12%. Esse resultado pode ser melhor qualificado pela taxa anual de crescimento que é negativa para o agregado de insumos, para o índice de mão-de-obra e índice de terra. Apenas o índice de capital evidenciou uma taxa anual de crescimento positiva entre 1975 e 2002. Esses resultados mostram que o crescimento anual médio de 3,28% no período de 1975 a 2002 do índice de produto vem-se dando com redução do uso de insumos e do emprego de mão-de-obra. A comparação do índice de produto e do índice de insumos, como ilustra a Fig. 2, mostra que o produto agropecuário vem crescendo por efeito dos acréscimos da produtividade total dos fatores. Esse comportamento irregular da PTF no início da série se deve a uma grande variação nos dados de área de pastagens nos anos de 1975 a 1977. Como foi visto, as pastagens representam o insumo de maior valor na construção do índice de insumos, suas variações tem efeito no comportamento da PTF.

Ao longo do período analisado (1975/2002), a produtividade da terra foi o principal componente associado aos acréscimos da PTF. Como se sabe, a produtividade da terra é influenciada principalmente por pesquisa e desenvolvimento, a cargo de instituições públicas, como a Embrapa e instituições privadas. Vê-se que no período mencionado a taxa anual de crescimento da produtividade da terra, 3,82% , foi até mesmo superior à taxa anual da PTF, 3,30%. Mas os efeitos da produtividade da mão-de-obra e do capital sobre a PTF também foram expressivos, como pode ser constatado pelas taxas de crescimento de 3,37% e 2,69%, respectivamente (Tabela 2). A Fig. 5 ilustra a evolução da PTF e dos índices de produto e de insumos enquanto a Fig. 6 ilustra os efeitos da PTF sobre o índice de produto.

Tabela 1. Índices de Tornqvist para a PTF, produto e insumos.

Ano	Índice do produto	Índice de insumos	PTF	Índice de mão-de-obra	Índice de terra	Índice de capital
1975	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
1976	99,04	143,66	68,94	100,00	187,62	110,01
1977	113,64	176,70	64,31	100,40	271,95	114,35
1978	111,42	113,08	98,53	99,75	109,00	117,61
1979	116,75	116,86	99,90	99,63	112,49	121,85
1980	125,22	114,94	108,94	97,43	112,17	120,90
1981	133,80	115,95	115,39	98,25	114,60	119,41
1982	133,09	118,41	112,40	99,23	118,31	119,42
1983	133,24	117,89	113,02	98,02	114,67	123,64
1984	139,77	123,19	113,46	100,13	121,72	124,51
1985	158,00	123,93	127,50	100,34	117,32	130,47
1986	142,77	127,42	112,04	99,54	122,51	133,14
1987	158,11	129,79	121,82	99,36	126,07	134,49
1988	164,45	132,41	124,20	99,44	131,56	134,02
1989	171,96	133,92	128,41	99,31	136,62	132,19
1990	165,28	133,40	123,89	99,43	136,09	131,53
1991	170,18	135,20	125,87	98,10	142,21	131,03
1992	180,50	137,07	131,69	99,48	145,14	130,12
1993	177,87	135,88	130,90	99,32	142,30	130,63
1994	191,85	139,79	137,24	99,03	150,71	130,93
1995	196,55	120,87	162,62	99,33	113,99	129,02
1996	193,37	117,05	165,21	97,91	108,03	129,54
1997	200,28	119,62	167,43	98,02	111,75	130,62
1998	206,85	119,35	173,30	97,20	112,53	130,24
1999	223,19	121,36	183,90	98,26	115,34	129,96
2000	232,46	121,46	191,40	97,39	117,43	128,99
2001	251,36	121,26	207,30	96,59	118,84	128,09
2002	260,66	121,12	215,21	96,36	120,05	126,81

Taxas anuais de crescimento

Período	Índice do produto	Índice de insumos	PTF	Índice de mão-de-obra	Índice de terra	Índice de capital
1975-2002	3,28	-0,02	3,30	-0,09	-0,52	0,57
1975-1979	4,37	0,73	3,62	-0,10	-3,03	4,73
1980-1989	3,38	1,84	1,52	0,19	1,97	1,51
1990-1999	2,99	-1,80	4,88	-0,17	-3,30	-0,10
2000-2002	5,89	-0,14	6,04	-0,53	1,11	-0,85

Fonte: dados desta pesquisa.

Nota: Para a obtenção da taxa de crescimento foi feita uma regressão do logaritmo do índice contra a variável tendência. A taxa anual de crescimento foi obtida subtraindo 1 do expoente do coeficiente da variável tendência.

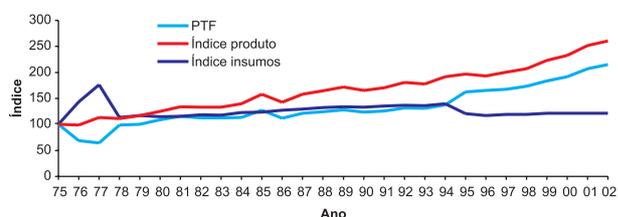


Fig. 5. Produtividade total dos fatores, índice do produto e índice dos insumos.

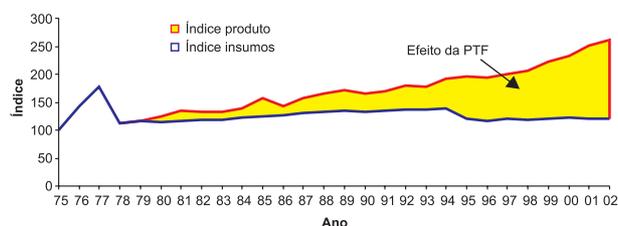


Fig. 6. Índice do produto e índice dos insumos.

Tabela 2. Índice de Tornqvist das produtividades parciais da terra, trabalho e capital.

Ano	Produtividade da terra	Produtividade da mão-de-obra	Produtividade do capital
1975	100,00	100,00	100,00
1976	52,79	99,04	90,03
1977	41,79	113,18	99,38
1978	102,22	111,70	94,74
1979	103,78	117,19	95,81
1980	111,63	128,53	103,58
1981	116,75	136,18	112,04
1982	112,49	134,12	111,45
1983	116,20	135,93	107,76
1984	114,83	139,59	112,26
1985	134,68	157,47	121,11
1986	116,53	143,43	107,23
1987	125,42	159,14	117,57
1988	125,00	165,37	122,70
1989	125,87	173,17	130,08
1990	121,45	166,23	125,66
1991	119,67	173,48	129,88
1992	124,36	181,45	138,72
1993	124,99	179,08	136,16
1994	127,30	193,73	146,53
1995	172,43	197,87	152,34
1996	179,01	197,51	149,28
1997	179,21	204,32	153,32
1998	183,81	212,80	158,82
1999	193,51	227,13	171,74
2000	197,95	238,70	180,22
2001	211,51	260,24	196,23
2002	217,13	270,50	205,55

Taxas anuais de crescimento das produtividades parciais na agropecuária brasileira

Período	Produtividade da terra	Produtividade da mão-de-obra	Produtividade do capital
1975-2002	3,82	3,37	2,69
1975-1979	7,63	4,47	-0,34
1980-1989	1,39	3,19	1,84
1990-1999	6,51	3,17	3,10
2000-2002	4,73	6,45	6,80

Fonte: dados desta pesquisa.

Nota: Para a obtenção da taxa de crescimento foi feita uma regressão do logaritmo do índice de PTF ou de outra produtividade contra a variável tendência. A taxa anual de crescimento foi obtida subtraindo 1 do exponencial do coeficiente da variável tendência.

A Tabela 3 apresenta as taxas de crescimento dos vários indicadores tratados na pesquisa em vários períodos de tempo: últimos 20 anos, últimos 10 anos e últimos 5 anos. Nota-se, em primeiro lugar, que a agropecuária tem apresentado elevadas taxas de crescimento da produtividade da mão-de-obra, terra e capital que, sem dúvida, se refletiram no desempenho da PTF. Outro ponto, é que apesar do

crescimento da produtividade da terra ter sido elevado e superior à produtividade do trabalho, nos últimos cinco anos a produtividade do trabalho tem crescido mais do que a da terra: 6,35% ao ano para a produtividade da mão-de-obra e 4,31% para a terra no período 1998/2002. Estimativas recentes para a produtividade em São Paulo no período de 1995 a 2002 foram obtidas por Vicente e Martins (2004), porém a

taxa de crescimento obtida é menor que a taxa encontrada neste trabalho para o Brasil (Tabela 4).

Tabela 3. Taxas anuais de crescimento.

Identificação	Últimos 20 anos 1983/2002	Últimos 10 anos 1993/2002	Últimos 5 anos 1998/2002
Prod. mão-de-obra	3,29	4,45	6,35
Prod. terra	3,56	5,91	4,31
Prod. capital	3,16	4,36	6,71
PTF	3,44	5,31	5,68
Índice produto	3,14	4,10	5,99
Índice de insumos	-0,29	-1,14	0,29
Índice mão-de-obra	-0,15	-0,33	-0,34
Índice terra	-0,40	-1,71	1,61
Índice capital	-0,03	-0,25	-0,67

Nota: Para a obtenção da taxa de crescimento foi feita uma regressão do logaritmo dos índices ou das produtividades contra a variável tendência. A taxa anual de crescimento foi obtida subtraindo 1 do exponencial do coeficiente da variável tendência.

Fonte: dados desta pesquisa.

Tabela 4. Produtividade total dos fatores em São Paulo.

Anos	PTF
1995	100,00
1996	87,91
1997	90,71
1998	95,23
1999	90,87
2000	100,22
2001	106,08
2002	113,22
Taxa anual (%) ⁽¹⁾	2,483

⁽¹⁾ Estimativas dos autores.

Fonte: Vicente e Martins (2004).

O crescimento da produtividade da agricultura brasileira tem sido superior ao da produtividade americana (Tabela 5). A tabela mostra os índices de produtividade total nos Estados Unidos no período 1990/1999 e que resultam numa taxa média anual de 1,57%, abaixo da taxa média brasileira nos últimos anos, de 3,30%. Num período longo, 1948/1994, Ahearn et al. (1998) estimaram uma taxa anual de crescimento da PTF nesse país de 1,94%, o que pode ser considerada uma taxa alta nessas

condições. Outras evidências sobre o crescimento da PTF para os Estados Unidos podem ser encontradas em Ball et al. (1997). Esses autores concluíram que o crescimento da produtividade tem sido o principal fator responsável pelo crescimento da economia americana (p. 1062).

Tabela 5. Produtividade agrícola: números índices (1996 = 100) do produto do estabelecimento por unidade de insumo.

Ano	Produtividade ⁽¹⁾
1990	0,886
1991	0,887
1992	0,955
1993	0,908
1994	1,005
1995	0,932
1996	1,000
1997	1,015
1998	1,011
1999	1,006
Taxa anual (%) ⁽²⁾	1,574

⁽¹⁾ Produtividade é a relação entre o insumo e o produto.

⁽²⁾ Estimativas dos autores.

Fonte: Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (ESTADOS UNIDOS, 1999).

Condicionantes da produtividade total dos fatores

Resultados do Modelo VAR estrutural com duas defasagens e tendência no período de 1975 a 2002

Os resultados dos testes de raiz unitária indicam que as séries PTF e gastos com pesquisa são estacionárias (Tabela 6). A PTF apresenta uma tendência determinista. No caso da série crédito rural, os resultados indicam que ela é integrada de ordem um. No entanto, essa série foi tomada como estacionária em função dos seguintes aspectos: a) os testes de raiz unitária não permitem distinguir, muitas vezes, as séries que são estacionárias, em torno de uma tendência determinista, de séries que têm tendência estocástica, e, portanto, necessitam ser diferenciadas para se tornarem estacionárias; b) os testes de raiz unitária têm baixo poder,

indicando, muitas vezes, raiz unitária no processo gerador da série temporal quando ela, na verdade, não existe.

É importante mencionar ainda que o pequeno número de observações da amostra pode comprometer os resultados desses testes. Dessa forma, optou-se por ajustar o modelo com as séries no nível com os dados transformados em logaritmos, de forma que os valores obtidos na matriz de relações contemporâneas e na função de resposta a impulso são as próprias elasticidades. Uma vez que a série de PTF apresentou uma tendência determinista, o modelo de VAR foi ajustado incluindo essa variável, lembrando que há necessidade de se trabalhar com séries estacionárias.

Os valores obtidos na matriz de relações contemporâneas indicam que uma variação de 1% nos gastos em pesquisa tem um impacto imediato da ordem de 0,17% na PTF. No caso do crédito rural, o efeito é bastante pequeno (0,06%) (Tabela 7). No entanto, os resultados da função de resposta a impulso, apresentados abaixo, indicam que um impacto maior sobre a PTF ocorre no segundo ano após o choque, tanto no caso da variável gastos com pesquisa como no caso do crédito. Esses efeitos são da ordem de 0,22% e 0,11%, respectivamente, e tendem a desaparecer no tempo (Fig. 7 e 8).

É importante aqui fazer algumas considerações sobre o efeito decrescente dos choques nas variáveis gastos com pesquisa e crédito sobre a produtividade total dos fatores. Observa-se um efeito não cumulativo desses

choques sobre a produtividade total dos fatores, fato que pode ser explicado pelo reflexo dos ganhos em produtividade sobre os preços dos produtos. Espera-se que os ganhos em produtividade decorrentes de variações em gastos com pesquisa e crédito sejam permanentes e acumulativos. No entanto, esses ganhos, ao se traduzirem em queda de preço, tendem, sob a ótica do produtor, a desaparecer no tempo.

Tabela 7. Relações contemporâneas entre produtividade total dos fatores e gastos com pesquisa e crédito rural.

Variável	Valor do coeficiente	Desvio-padrão
Gastos com pesquisa	0,17454	0,12602
Crédito rural	0,06410	0,05657

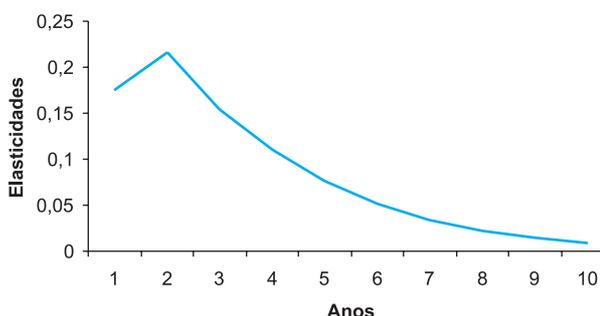


Fig. 7. Impacto de choque na série gastos com pesquisa sobre a produtividade total dos fatores.

Tabela 6. Testes de raiz unitária de Dickey e Fuller para as séries de produtividade total dos fatores, gastos com pesquisa e crédito rural.

Séries	Estatísticas				
	$\tau_{\beta\tau}$	τ_{τ}	$\tau_{\alpha\mu}$	τ_{μ}	τ
Produtividade total dos fatores	3,899*	-3,841*	-	-	-
Gastos com pesquisa	1,041	-4,928*	-	-	-
Crédito rural	-1,742	-2,264	1,498	-1,514	-0,667
Crédito rural (nas diferenças)	-	-	-	-	-5,364

Obs: Os testes de raiz unitária são feitos com base nos procedimentos apresentados em Enders (1995). Os critérios de Akaike e Schwarz e o teste Q indicavam que os modelos deveriam ser ajustados com uma defasagem no caso da série de produtividade total de fatores e sem defasagens nos casos das séries: gastos com pesquisa e crédito rural.

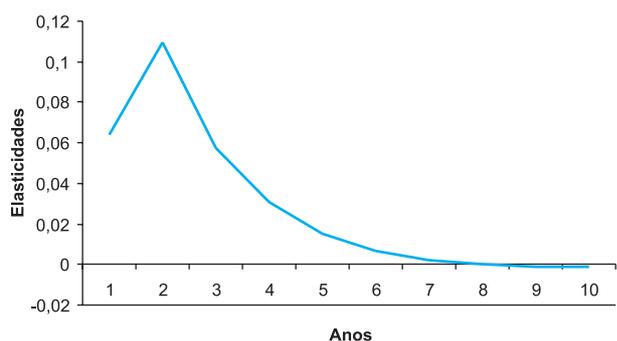


Fig. 8. Impacto de choque na série de crédito rural sobre a produtividade total de fatores.

A decomposição da variância do erro de previsão da série produtividade total dos fatores, apresentada na Tabela 8, mostra que os gastos com pesquisa explica aproximadamente 6% a 18% da variância do erro de previsão da série produtividade total dos fatores, enquanto o crédito rural explica aproximadamente 4% a 15% daquela variância. Alguns autores afirmam que a experiência de países industrializados sugere que, em longo prazo, a PTF no setor agrícola deve crescer de 1,5% a 2% ao ano e que dois terços desse crescimento serão devidos a $PTF_t = \alpha + \beta t + \rho pre_{t-2} + u_t$ investimento em pesquisa e extensão (MURGAI et al., 2001).

Em função do pequeno número de observações disponíveis para a variável relação de troca (1986 a 2002), deixou-se de incluir essa variável no modelo que explica a PTF. No entanto, buscando ter alguma informação sobre a relação dessa variável foi ajustada uma

função utilizando a metodologia de análise de regressão múltipla. Em função do citado pequeno número de observações da amostra, optou-se por um modelo parcimonioso que além da variável explicativa (relação de troca) e da constante, incluía apenas uma variável representando a tendência. O modelo foi ajustado com os dados nos logaritmos, de modo que os coeficientes, também nesse caso, são as próprias elasticidades.

A função de correlação cruzada entre as variáveis: PTF e relação de troca (obtida com os resíduos de modelos auto-regressivos especificados para essas variáveis), indicou que o maior efeito da segunda variável sobre a primeira ocorre com dois anos de defasagem. Dessa forma, o seguinte modelo foi ajustado:

no qual

PTF é a produtividade total de fatores

$rpre$ é a relação de troca gerando os seguintes resultados:

$$PTF_t = 4,019 + 0,039 t + 0,145 rpre_{t-2} + u_t$$

6,048 8,788 0,903

Obs: Os valores abaixo dos coeficientes são os respectivos testes t .

Tabela 8. Decomposição da variância do erro de previsão da série produtividade total dos fatores.

Ano	Produtividade total dos fatores	Gastos com pesquisa	Crédito rural
1	89,274	6,426	4,300
2	73,751	12,870	13,380
3	69,631	15,520	14,849
4	68,100	16,829	15,072
5	67,489	17,467	15,044
6	67,237	17,767	14,996
7	67,130	17,903	14,967
8	67,084	17,962	14,954
9	67,065	17,986	14,949
10	67,056	17,996	14,948

Fonte: dados desta pesquisa.

O coeficiente de determinação encontrado foi de 0,95, mas o coeficiente da variável relação de preços apresentou-se não-significativo, apesar de seu sinal estar de acordo com o esperado. Os resultados apontavam correlação de resíduos de primeira ordem, expressa pelo valor do teste Durbin Watson. Visando sanar esse problema, especificou-se um modelo alternativo incluindo uma defasagem da variável dependente. Nesse caso, o coeficiente de determinação encontrado foi de 0,97. No entanto, o coeficiente da variável relação de preços apresentou-se ainda não-significativo estatisticamente, embora também nesse caso tenha-se observado que o sinal está de acordo com o esperado.

$$PTF_t = 1,619 + 0,019t + 0,104 rpre_{t-2} + 0,558ptf_{t-1} + u_t$$

1,519 2,099 0,779 2,619

Os resultados apontam que os gastos com pesquisa e o crédito rural têm efeito sobre a produtividade total dos fatores e que os efeitos mais expressivos, como esperado, ocorrem com defasagens. No caso da relação de preços, não se observou relação significativa estatisticamente entre essa variável e a PTF. Prefere-se acreditar, no entanto, que o pequeno número de observações da amostra não permitiu que um padrão sistemático de associação entre essa variável fosse captado.

Conclusões

Este trabalho estimou para o período de 1975 a 2002 índices de produtividade total dos fatores para a agricultura brasileira, usando a metodologia de Tornqvist. Nesse período, a produtividade total dos fatores cresceu a uma taxa média anual de 3,30%. Essa taxa pode ser considerada elevada se comparada a outros países, como Estados Unidos cujo crescimento da PTF tem sido de 1,57% ao ano. Olhando os resultados obtidos para as produtividades parciais, destacou-se o aumento da produtividade da terra cuja taxa anual foi de 3,82%, seguida pela produtividade de mão-de-obra (3,37%) e do capital (2,69%).

A agricultura brasileira vem crescendo a uma taxa média anual de 3,28%, no período de 1975 a 2002. Esse crescimento do índice de produto vem-se dando com taxas negativas do uso de insumos, de mão-de-obra e de terra. É um crescimento que tem se apoiado na redução do uso de fatores de produção.

A análise dos condicionantes da PTF concluiu que uma variação de 1% nos gastos em pesquisa tem um impacto imediato da ordem de 0,17% na PTF. No caso do crédito rural, o efeito é menor, 0,06%. Os resultados da aplicação do modelo VAR indicaram ainda que um impacto maior sobre a produtividade total dos fatores ocorre no segundo ano após o choque na variável gastos com pesquisa e na variável crédito rural. Esses efeitos foram da ordem de 0,22% e 0,11%, respectivamente, e desaparecem após o terceiro ano.

A análise do poder explicativo das variáveis consideradas no modelo mostrou que gastos com pesquisa é mais importante que o crédito rural na explicação da PTF. Gastos com pesquisa explicou aproximadamente 6% a 18% da variância do erro de previsão da série PTF, enquanto o crédito rural explica aproximadamente 4% a 15% daquela variância. A experiência de países industrializados sugere que, em longo prazo, a PTF no setor agrícola deve crescer de 1,5% a 2,0% ao ano, e que dois terços desse crescimento serão devidos ao investimento em pesquisa e extensão.

A análise da associação entre a PTF e a relação de troca para o período de 1986 a 2002 mostrou que o coeficiente da relação de troca apresentou-se não-significativo estatisticamente, embora tenha-se observado que o sinal (positivo) está de acordo com o esperado.

Concluindo, os resultados apontam que gastos com pesquisa e crédito rural têm efeito sobre a PTF e que os efeitos mais expressivos ocorrem com defasagens de dois anos. No entanto, as elasticidades encontradas não são de tão elevada magnitude.

É importante chamar a atenção para o fato das elasticidades calculadas estarem relacionadas

somente aos ganhos dos produtores em função de maiores gastos com pesquisas e despesas com crédito, não refletindo os ganhos da sociedade como um todo, decorrentes da queda em preços. É amplamente sabido que os aumentos de produtividade traduzem-se em preços menores para os produtos e, ao se considerar esses preços no cálculo da PTF, tem-se um efeito redutor sobre os ganhos totais, sendo parte dos benefícios dessas despesas não computada.

Isso explica os valores aparentemente baixos encontrados para as elasticidades, tanto no caso do crédito quanto no caso de gastos com pesquisa, acreditando-se que os efeitos dessas variáveis sobre os ganhos totais da sociedade sejam bastante maiores.

Referências

- AHEARN, M.; YEE, J.; BALL, E.; NEHRING, R. **Agricultural productivity in the United States**. Washington: USDA-Economic Research Service, 1998. 32 p. (Agriculture Information Bulletin, 740).
- ALVES, E. R. **A produtividade da agricultura brasileira**. [S.l.: s.n.], 1979. Não paginado. Mimeografado.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE VEÍCULOS AUTOMOTORES (São Paulo, SP). **Anuário estatístico**. Disponível em: <<http://www.anfavea.com.br>> . Acesso em: 18 fev. 2004.
- ÁVILA, A. F. D.; EVENSON, R. E. Total factor productivity growth in the Brazilian agriculture and the role of agricultural research. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 33., 1995, Curitiba. **Anais...** Brasília: Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural, 1995. p. 631-657.
- BALL, V. E.; BUREAU, J. C.; NEHRING, R.; SOMWARU, A. Agricultural productivity revisited. **American Journal of Agricultural Economics**, Ames, v. 79, p. 1045-1063, Nov. 1997.
- BARROS, A. L. M. **Capital, produtividade e crescimento da agricultura: o Brasil de 1970 a 1995**. 1999. 149 p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.
- BERNANKE, B. S. Alternative explanation of the money-income correlation. **Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy**, Amsterdam, v. 25, p. 49-100, 1986.
- CHRISTENSEN, L. R. Concepts and measurement of agricultural productivity. **American Journal of Agricultural Economics**, Ames, v. 57, n. 5, p. 910-915, Dec. 1975.
- CHRISTENSEN, L. R.; JORGENSON, D. W. U.S. real product and real factor input: 1929-1967. Review of **Income and Wealth**, New York, v. 16, n. 1, p. 19-50, Mar. 1970.
- CHRISTENSEN, L. R.; JORGENSON, D. W.; LAU, L. J. Conjugate duality and the transcendental logarithmic production function. **Econometrica**, Oxford, v. 39, p. 255-256, 1971.
- DICKEY, D. A.; FULLER, W. A. Distribution of the estimator for auto-regressive time series with a unit root. **Journal of the American Statistical Association**, Alexandria, v. 74, p. 427-431, 1979.
- DICKEY, D. A.; FULLER, W. A. Likelihood ratio statistics for auto-regressive time series with a unit root. **Econometrica**, Oxford, v. 49, p. 1057-1072, 1981.
- DIEWERT, W. E. Exact and superlative index numbers. **Journal of Econometrics**, Lausanne, v. 4, p. 115-145, May 1976.
- ENDERS, W. **Applied econometric time series**. New York : Wiley, 1995. 433 p.
- ENGLE, R. F.; GRANGER, C. W. J. Co-integration and error correction representation, estimation and testing. **Econometrica**, Oxford, v. 55, p. 251-276, 1987.
- ESTADOS UNIDOS. Department of Agricultural. **Annual report**. 1999. Disponível em: <www.usda.gov>. Acesso em: 12 jan. 2004.
- FAO (Roma, Itália). **The state of food and agriculture 2000**. Rome, 2000. 326 p. (FAO Agriculture Series, 32).
- FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS (Rio de Janeiro, RJ). **Banco de dados**. Disponível em: <<http://www.fgvdados.fgv.br>>. Acesso em: set. a nov 2003.
- FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS (Rio de Janeiro, RJ). **Preços dos arrendamentos de lavouras e pastagens**. Disponível em: <<http://www.fgvdados.fgv.br>>. Acesso em: 16 jan. 2004a.
- FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS (Rio de Janeiro, RJ). **Preços recebidos pelos agricultores**. Disponível em: <<http://www.fgvdados.fgv.br>>. Acesso em: 20 jan. 2004b.
- FULLER, W. A. **Introduction to statistical time series**. New York: Willey, 1976. 470 p.
- GASQUES, J. G.; CONCEIÇÃO, J. C. **Crescimento e produtividade da agricultura brasileira**. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 1997. 21 p. (Texto para Discussão, 502).
- GASQUES, J. G.; CONCEIÇÃO, J. C. P. R. da. **Transformações estruturais da agricultura e produtividade total dos fatores**. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2000. 60 p. (Texto para Discussão, 768).
- GRILICHES, Z. Measuring inputs in agriculture: a critical survey. **Journal of Farm Economics**, Ames, v. 42, n. 5, p. 1411-1427, 1960.
- HAMILTON, J. D. **Time series analysis**. Princeton: Princeton University Press, 1994. 820 p.
- HARVEY, A. C. **The econometric analysis of time series**. 2nd ed. Cambridge, Estados Unidos: MIT Press , 1990. 401 p.
- HOFFMANN, R. **Estatística para economistas**. 3. ed. São Paulo: Thomson Pioneira, 1998. 430 p.
- HULTEN, C. R. Divisia index numbers. **Econometrica**, Oxford, v. 41, n. 6, p. 1017-1025, Nov. 1973.
- IBGE (Rio de Janeiro, RJ). Consumo aparente, produção e venda de fertilizantes. **Anuário Estatístico do Brasil**, Rio de Janeiro, p. 4-61, 1997a; p. 4-51, 1998; p. 4-53, 2000a.

- IBGE (Rio de Janeiro, RJ). Efetivo de rebanhos. **Anuário Estatístico do Brasil**, Rio de Janeiro, p. 386-388, 1978; p. 372, 1979; p. 378-380, 1980; p. 431, 1982; p. 365, 1985; p. 351, 1987; p. 336, 1989; p. 582, 1992a; p. 3-72, 1995a; p. 3-82, 1997b; p. 3-78, 1999a; p. 3-79, 2000b.
- IBGE (Rio de Janeiro, RJ). **Pesquisa nacional por amostra de domicílios**. Rio de Janeiro, 1992b, 1993, 1995b.
- IBGE (Rio de Janeiro, RJ). **Produção agrícola municipal: 2000/2001**. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 18 jan. 2004a.
- IBGE (Rio de Janeiro, RJ). **Produção da pecuária municipal: 2000/2001**. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 18 jan. 2004b.
- IBGE (Rio de Janeiro, RJ). Produção animal. **Anuário Estatístico do Brasil**, Rio de Janeiro, p. 3-69, 1999b.
- IBGE (Rio de Janeiro, RJ). Venda de defensivos agrícolas. **Anuário Estatístico do Brasil**, Rio de Janeiro, p. 4-63, 1997; p. 4-53, 1998; p. 4-49, 1999c.
- JOHANSEN, S. Statistical analysis of cointegration vectors. **Journal of Economic Dynamics and Control**, Amsterdam, v. 12, p. 231-254, 1988.
- JOHANSEN, S.; JUSELIUS, K. Maximum likelihood estimation and inference on cointegration with applications to the demand for money. **Oxford Bulletin of Economics and Statistics**, Oxford, v. 52, p. 169-219, 1990.
- LÜTKEPOHL, H. **Introduction to multiple time series analysis**. Berlin: Springer, 1991. 545 p.
- MURGAI, R.; ALI, M.; BYERLEE, D. Productivity growth and sustainability in post-green revolution agriculture: the case of the Indian and Pakistan punjabs. **World Bank Research Observer**, Philadelphia, v. 16, n. 2, p. 199-218, Aug. 2001.
- NADIRI, M. J. Some approaches to the theory and measurement of total factor productivity: a survey. **Journal of Economic Literature**, Nashville, v. 8, n. 4, p. 1137-1177, Dec. 1970.
- PRESCOTT, E. C. **Needed: a theory of total factor productivity**. Local: Federal Reserve Bank of Minneapolis, 1997. 52 p. (Research Department Staff Report, 242).
- ROSEGRANT, M. W.; EVENSON, R. E. Agricultural productivity and sources of growth in South Asia. **American Journal of Agricultural Economics**, Ames, v. 74, n. 3, p. 757-761, Aug. 1992.
- THIRTLE, C. E.; BOTTOMLEY, P. Total productivity in UK agriculture: 1967-90. **Journal of Agricultural Economics**, Ashford, v. 43, n. 3 p. 381-400, Sept. 1992
- VEEMAN, T. S. Agricultural and resources economics: challenges for the 21st century. **Canadian Journal of Agricultural Economics**, Ottawa, v. 43, p. 519-528, 1995.
- VICENTE, J. R.; MARTINS, R. Produtividade, eficiência e relações de troca da agricultura paulista: 1995-2002. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 34, n. 1, p. 66-75, jan. 2004.
- VICENTE, J. R.; NEVES, E. M. Contribuição da educação, pesquisa e assistência técnica para a elevação da produtividade agrícola na década de 70. **Agricultura em São Paulo**, São Paulo, v. 37, n. 2, p. 19-48, 1990.
- WEN, G. J. Total factor productivity in China's farming sector: 1952-1989. **Economic Development and Cultural Change**, Chicago, v. 42, n. 1, p. 1-42, Oct. 1993.
-