

ANÁLISE DAS RELAÇÕES DE SUBSTITUIÇÃO ENTRE FATORES NA AGRICULTURA PAULISTA¹

Sergio Alberto Brandt²

Antonio Zakur³

Francisco Eduardo Miranda de Oliveira⁴

RESUMO – Este trabalho analisa a pressuposição de homogeneidade dos insumos terra e capital, subjacente em funções de produção de modelos agrícolas. Os resultados indicam que estes dois fatores não são fortemente separáveis e, portanto, a pressuposição do fator homogêneo não é adequada. Os modelos de produção agrícola deveriam considerar esta evidência no sentido de se obterem resultados confiáveis. Os resultados adicionais providos por esta pesquisa fornecem introspecções úteis sobre as relações de substituição entre terra, trabalho e capital na agricultura.

Termos para indexação: demanda de fatores, elasticidade de substituição, separabilidade, setor agrícola, séries temporais.

ANALYSIS OF FACTOR SUBSTITUTION RELATIONSHIPS IN SÃO PAULO AGRICULTURE

ABSTRACT – This paper investigates the assumption of land-capital homogeneity underlying production functions in agricultural models. The results indicate that those inputs are not strongly separable, and the homogeneity assumption is not therefore appropriate. Farm production models need to take this into account in order to give more reliable results. Additional results provided by this research indicate some useful insights on substitution relationships among farm land, labor and capital.

Index terms: factors demand, elasticities of substitution, separability, farm sector, time series.

¹ Recebido em 15 de maio de 1987.

Aceito para publicação em 13 de junho de 1988.

² Eng^o Agr^o, Ph.D., Universidade Federal de Viçosa (DER/CCA/UFV, 36570 Viçosa, MG).

³ Eng^o Agr^o, M.Sc., Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (Av. Mal. Câmara, 314/S. 37, 20025 Rio de Janeiro, RJ).

⁴ Acad., Eng^o Alimentos (Rua Silva Pontes, 92, 36570 Viçosa, MG).

IMPORTÂNCIA E OBJETIVOS

Alguns autores utilizaram a pressuposição de homogeneidade dos insumos de terra e capital, ao ajustarem modelos de produção agrícola. Esta pressuposição, entretanto, não foi testada de modo apropriado, se bem que sua falta de validade tenha sérias inferências para os resultados de tais modelos. Seixas Neto & Penna (1978) e Scandizzo & Barbosa (1977), por exemplo, usaram funções de produção do tipo CES, para análise de relações de substituição entre fatores na agricultura paulista e nordestina, respectivamente. Naqueles estudos, os autores não explicitaram a possibilidade de a pressuposição de insumos homogêneos não ser válida.

No estado de São Paulo, no período de 1960-80, o uso de terra agrícola passou de 5,4 milhões de hectares, para cerca de 6,0 milhões de hectares. No mesmo lapso de tempo, o uso de serviços de capital mais que triplicou, enquanto o uso de serviços da força de trabalho sofreu decréscimo, passando de 381 milhões de dias/homem para cerca de 300 milhões de dias/homem (IEA, 1982). Em vista destas mudanças no perfil do mercado de fatores, é importante decidir se tais variações deveriam ser consideradas no delineamento de funções de produção agrícola.

Tem sido argumentado que capital e trabalho agrícola são substitutos entre si, mas que terra e trabalho são fatores complementares, no processo de produção agrícola (Dias *et al.* 1982, Brandt & Cipriano 1985, Magalhães *et al.* 1986). Sob tais circunstâncias, seria insatisfatória a agregação dos insumos de terra e capital em funções de produção de tipo Cobb-Douglas (CD), de elasticidade de substituição constante (CES) ou translog (TL). Isto se deve ao fato de que estes dois fatores não seriam fortemente separáveis, **id est**, não ocorreriam elasticidades de substituição similares e constantes entre fatores, e a pressuposição de fatores homogêneos não seria realista.

O presente trabalho testa a pressuposição de homogeneidade dos fatores terra-capital. Para isto, usam-se dados de séries temporais (1960-80) referentes ao estado de São Paulo. Sugere-se que funções de produção agrícola relevantes deveriam ser ajustadas, de modo a considerar que, para estes dados, a evidência obtida é a de que a pressuposição não é válida.

MATERIAL E MÉTODO

Usa-se o modelo desenvolvido por Griliches (1969) para testar a hipótese de que capital e trabalho são substitutos e que terra e trabalho são

complementos, **id est**, que as elasticidades de substituição entre cada um dos dois pares de fatores não são iguais. O modelo de Griliches tem três insumos que, no presente trabalho, são: trabalho (L), capital (K) e terra (T). Os preços ou taxas de aluguel destes três insumos são: w , r e a , respectivamente. Griliches pressupõe retornos constantes à escala e à condição de que $\sum_i n_{ij} = 0$, em que $n_{ij} = v_j \sigma_{ij}$, sendo v_j a parcela do j -ésimo insumo no custo total, e σ_{ij} indica elasticidade parcial de substituição de Allen-Uzawa ($\sigma_{ij} = \sigma_{ji}$ e $\sigma_{ij} < 0$). Em seguida, aquele econometrista de nomeada desenvolve o seguinte sistema de equações:

$$\ln(L/K) = \alpha_1 + (n_{1k} - n_{kk}) \ln(r/w) + (n_{1t} - n_{tt}) \ln(a/w) \quad (1)$$

$$\ln(L/T) = \beta_1 + (n_{1y} - n_{tk}) \ln(r/w) + (n_{1t} - n_{kt}) \ln(a/w) \quad (2)$$

As hipóteses podem ser expressas do seguinte modo:

$$0 < \sigma_{kt} > \sigma_{tt} \quad (3)$$

$$\sigma_{1k} < \sigma_{1k} \quad (4)$$

A equação (3) argumenta que a elasticidade de substituição entre capital e terra é maior que a elasticidade de substituição entre trabalho e terra, os quais podem ser complementares (i.e. $\sigma_{1t} < 0$) ou substitutos. A equação (4) argumenta que a elasticidade de substituição entre terra e capital é maior que a elasticidade de substituição entre trabalho e capital, o que, novamente, tem sido sugerido em trabalhos anteriores (Seixas Neto & Penna 1978, Scandizzo & Barbosa 1977), no sentido de que pode ocorrer apenas pouca substituição entre trabalho e capital mas pode ocorrer alguma substituição entre capital e terra.

Em síntese, as duas hipóteses sugerem que tanto o coeficiente de regressão parcial do $\ln(a/w)$, na equação (1), como o coeficiente da variável $\ln(r/w)$, na equação (2), deveriam ser negativos. Uma das maneiras de se verificar esta evidência é a de que, no caso do coeficiente $(n_{1k} - n_{kt})$, na medida em que se eleva o preço de aluguel da terra, em relação aos outros preços (ou em relação a w , mantendo-se constante a razão de preços r/w), a quantidade demandada de terra tenderia a se retrair, e a quantidade demandada de capital tenderia a se expandir. Em decorrência da equação (3), a quantidade demandada de trabalho tenderia a crescer em proporção menor que a quantidade demandada de capital (ou ela pode mesmo decrescer, caso terra e trabalho sejam insumos complementares). Lembra-se que Dias *et al.* (1982) demonstraram ser este o caso, em três regiões de nosso país, como um todo ($\sigma_{1k} < 0$). Destarte, a relação L/K tende a decrescer, na medida em que a relação a/w (ignorando-se logaritmos) se eleva. De modo si-

milar, o coeficiente da variável $\ln(r/w)$ tende a ser negativo, uma vez que, elevando-se r , em termos relativos, a quantidade demandada de capital (K) tende a decrescer, mas tende a ocorrer expansão das quantidades procuradas de trabalho (L) e terra (T). Em decorrência da equação (4), a quantidade procurada de terra (T) tende a se expandir de modo mais que proporcional, em relação à expansão esperada na quantidade demandada de trabalho. Conseqüentemente, a razão L/T tende a decrescer.

Os dados básicos usados na pesquisa são séries temporais anuais (1960-80) referentes ao setor agropecuário do estado de São Paulo. O fluxo de serviços de trabalho é expresso em 10^9 DH, por ano; o fluxo de serviços de capital é indicado pelo montante de serviços de aração prestados pela frota de tratores agrícolas, expresso em 10^6 ha arados, por ano; o estoque utilizado de terra é expresso em 10^6 ha, por ano; e taxa salarial é expressa em cruzeiros, por EH/ano; o preço de aluguel dos serviços de capital é expresso em cruzeiros, por hectare arado; e o preço de aluguel da terra é expresso em cruzeiros, por hectare, por ano (IEA 1982, Silva 1984).

O modelo original de Griliches (1969) ignora, evidentemente, a dinâmica de ajuste no mercado de fatores, isto é, o sistema (1) – (2) implica ajuste instantâneo das razões de fatores, na direção de seus níveis de equilíbrio, face a inovações nas razões de preços. Para contornar, pelo menos em parte, esta restrição, incorporaram-se parâmetros de ajuste (γ_i), os quais indicam as velocidades de ajuste das razões observadas de fatores, na direção das razões de equilíbrio. Seguindo-se procedimento usual de tipo *koynkerloviano*, adicionam-se, às equações (1) e (2), as variáveis endógenas respectivas, tomadas com retardamento de um período. Os coeficientes estimados destas variáveis $\{(1 - \gamma_1)$ e $(1 - \gamma_2)\}$ permitem obter as elasticidades de ajuste das razões de fatores.

Finalmente, para estimação, adicionam-se, às equações (1) e (2), termos de erro ($\ln \mu_1$ e $\ln \mu_2$) com as propriedades usuais (koutsyannis 1978). Os parâmetros das equações (1) e (2) são estimados por mínimos quadrados ordinários, sob as pressuposições de ausência de problemas de correlação residual e de causalidade unidirecional, das razões de preços para as razões de fatores (correntes).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das regressões, em geral, se conformam com as principais hipóteses (Tabela 1). Tal como esperado, o coeficiente da variável \ln

(a/w), na equação (1), é negativo e significativo. Com base nesta evidência, indica-se que, elevando-se o preço de arrendamento da terra, relativo à taxa salarial, a quantidade procurada de terra tende a decrescer, e a quantidade procurada de capital tende a se expandir. Dada a condição (3), a quantidade demandada de trabalho tenderia a crescer menos que a quantidade demandada de capital. Não se espera que a quantidade demandada de trabalho tenda a decrescer, uma vez que a evidência anteriormente disponível (Dias *et al.* 1982), Brandt & Cipriano 1985) não apóia as hipóteses de complementaridade entre K e L na agricultura.

TABELA 1. Complementaridade entre terra e trabalho na agricultura, estado de São Paulo, 1960/80.

Equação	Parâmetro				\bar{R}^2
	α	$\eta_{1k}-\eta_{kk}$	$\eta_{1t}-\eta_{kt}$	$1-\gamma_l$	($\hat{\rho}^2$)
(1)	-0,0875	0,0214* (0,879)	-0,1381** (1,932)	0,8253*** (36,772)	0,994 (-0,042)
(2)	-3,7504	0,0147*** (2,558)	-0,0114* (0,999)	15,0697*** (41,358)	0,998 (0,084)

$\hat{\rho}^2$ é o coeficiente de correlação serial (primeira ordem) de Theil; os valores entre parênteses, abaixo dos coeficientes de regressão parcial, são as respectivas estatísticas t de Student; *, ** e *** indicam significância aos níveis 0,2; 0,05; e 0,01 de probabilidade, respectivamente.

Fonte: IEA (1982) e Silva, 1984.

O coeficiente da variável $\ln(r/w)$, na equação (2), é positivo e significativo, sugerindo que a hipótese nula deve ser rejeitada. O sinal positivo do coeficiente ($\eta_{1k}-\eta_{tk}$) sugere que a elasticidade de substituição entre K e T é menor que a elasticidade de substituição entre K e L. Para o setor agrícola do País, Dias *et al.* (1982) estimaram $\sigma_{kt} = 1,1024$ e $\sigma_{kl} = 1,8510$, sendo ambas estatisticamente significantes.

O coeficiente de regressão parcial da variável $\ln(r/w)$, na equação (1), não está diretamente relacionado com a hipótese básica desta pesquisa, mas oferece introspecção adicional. O sinal deste coeficiente deveria ser positivo, refletindo maior uso (relativo) de trabalho, na medida em que o preço de capital (terra) se eleva, em relação à taxa salarial. Entretanto, é possível que capital e trabalho não sejam bons substitutos, a despeito da evidência de estudos prévios apresentada no parágrafo anterior. Neste caso,

o coeficiente de $\ln(r/w)$, na equação (1), seria próximo de zero, como de fato se observa, na Tabela 1. Estudos posteriores deveriam examinar, com maior profundidade, esta incoerência, pelo menos aparente, dados os diferentes indicadores de fluxos e preços de capital e trabalho usados no presente estudo e nos anteriores citados.

Da mesma forma, o coeficiente de $\ln(a/w)$, na equação (2), não está diretamente relacionado com as hipóteses básicas do presente estudo, mas seu sinal (negativo) apóia a evidência, já disponível (Magalhães *et al.* 1986, Brandt & Cipriano 1985), de que terra e trabalho são insumos complementares nos processos de produção agropecuária. Maior preço de arrendamento da terra tende a resultar em menor uso de trabalho.

Finalmente, no que se refere ao processo de ajuste dinâmico, a evidência obtida não é conclusiva. Apenas na equação (1) obteve-se elasticidade de ajuste ($\gamma_1 = 0,1747$) dentro dos limites esperados (zero e unidade). Na equação (2), a elasticidade de ajuste calculada ($\gamma_2 = -14,0697$), menor que zero, pode estar sugerindo comportamento irracional, uma vez que, a aceitar este estimador, os produtores estariam ajustando a razão trabalho/terra na direção contrária à razão L/T de equilíbrio. Este problema, evidentemente, foge ao escopo do presente estudo e merece análise posterior, mais especializada.

CONCLUSÕES E INFERÊNCIAS

Em resumo, os resultados da análise empírica apóiam as principais hipóteses. Constata-se que terra e trabalho são insumos complementares, e que capital e trabalho e capital e terra são fatores substitutos, no processo produtivo do setor agrícola. Em segundo lugar, constata-se que a elasticidade de substituição entre capital e trabalho é menor que a elasticidade de substituição entre capital e terra. Estes resultados sugerem que capital e terra não são fortemente separáveis e que seria impróprio agregá-los, no desenho de funções de produção agropecuária que assumam possível homogeneidade entre os fatores terra e capital. Destarte, o ônus de prova recai sobre os autores – que agreguem estes fatores em funções de produção agropecuária – de provarem que suas pressuposições sejam válidas. Caso contrário, os estudos nesta área poderiam confundir, e não esclarecer, tópicos importantes da política agrícola.

Outra conclusão relevante é a de que os preços relativos de fatores

são importantes, em termos de explicação de inovações nas razões de uso de fatores, na agricultura. Os fatores que influenciam a demanda dos diferentes insumos precisam ser examinados em maior profundidade. Isto resultaria não apenas em resultados mais confiáveis, mas também em informação importante para os executivos públicos responsáveis pela política agrícola.

REFERÊNCIAS

- BRANDT, S. A. & CIPRIANO, J. Labor absorption, demand and employment decomposition in brazilian agriculture. IN: INTERNATIONAL CONFERENCE OF AGRICULTURAL ECONOMISTS, 19, Málaga, **Abstracts...**, Málaga, IAAE, 1985. p.28-9.
- DUIAS, R. S.; BRANDT, S. A.; FONTES, R. M. O. Modelo translog de substituição de fatores na agricultura brasileira, ENCONTRO BRASILEIRO DE ECONOMETRIA, Águas de São Pedro, 4, SBE, **Anais...**, Águas de São Pedro, SBE, 1982. p.187-201.
- GRILICHES, Z. Capital-skill complementarity, **Rev. Econ. Stat.**, **51**(4):465-8, 1969.
- INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA, São Paulo, SP. **Banco de Dados**. São Paulo, 1982. 10p.
- KOUTSOYANNIS, A. **Theory of econometrics**. London, Macmillan, 1978. 681p.
- MAGALHÃES, A. C.; BRANDT, S. A.; MAIA, M. M. Absorção de trabalho, demanda e decomposição de emprego agrícola, **Est. econ.**, **16**(2):243-55, 1986.
- SCANDIZZO, P. L. & BARBOSA, T. Substituição e produtividade de insumos agrícolas no Nordeste do Brasil, **Pesq. Planej. econ.**, **7**(2):367-404, 1987.
- SEIXAS NETO, A. & PENNA, J. A. O processo de mudança tecnológica na agricultura paulista. **R. Econ. rural**, **16**(1):71-88, 1978.
- SILVA, G. L. S. **Produtividade agrícola, pesquisa e extensão rural**. São Paulo, FIPE/USP/PNPE, 1984. 143p.