

ESTUDO DA TECNOLOGIA UTILIZADA NA PRODUÇÃO DE SOJA NO ESTADO DE SÃO PAULO¹

José Luiz Parré²
Joaquim Bento de Souza Ferreira Filho³

SINOPSE

O objetivo central deste trabalho é analisar a sensibilidade da demanda de fatores de produção da cultura da soja no estado de São Paulo, bem como as relações de substituição entre fatores na atividade. O modelo analítico consiste na função de custo translog, e os fatores analisados são mão-de-obra e operações, adubo e corretivo, defensivos e sementes. Os resultados obtidos são as elasticidades-preço diretas e cruzadas e as elasticidades de substituição de Allen e de Morishima. Os resultados das elasticidades-preço cruzadas da demanda de insumos mostraram que todos os fatores utilizados no processo produtivo da cultura da soja apresentam relações de substituição.

Palavras-chave: Teoria da dualidade, elasticidade-preço da demanda, elasticidade de Allen, elasticidade de Morishima.

1 INTRODUÇÃO

A importância da cultura da soja na economia brasileira cresceu acentuadamente nas décadas de 1970 e 1980 e, atualmente, o Brasil é o segundo maior produtor mundial, ficando atrás dos EUA. O complexo agroindustrial da soja (grão, óleo e farelo) é o maior setor exportador agrícola nacional, trazendo para o país de 4,0 a 5,0 bilhões de dólares por ano. A soja, constituindo-se numa fonte barata de proteína, auxiliou no desenvolvimento da avicultura e da suinocultura no país, além de ser matéria-prima para o óleo de soja, que representa 98% do óleo comestível consumido no país (FNP, 1996).

¹ Uma versão inicial desse trabalho foi apresentada no XXXVI Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural.

² Professor Assistente, FEA Universidade de Passo Fundo, pesquisador do Centro Regional de Economia e Administração, doutorando em Economia Aplicada. Esalq/USP. Email: parre@upf.tche.br.

³ Professor doutor, Depto de Economia e Sociologia Rural, Esalq/USP. C.P. 9, CEP 13418-900, Piracicaba, S.P. E-mail: jbsferre@carpa.ciagri.usp.br.

A soja foi uma das culturas nas quais mais rapidamente se adotou tecnologia moderna em virtude dos estímulos de mercado. A difusão de insumos modernos, além da mecanização da colheita, foi feita com a colaboração das cooperativas. A prática de cultivar em sucessão a soja e o trigo contribuiu bastante para a melhor utilização da maquinaria empregada, reduzindo os custos (Nogueira Junior et al., 1976).

Ao se analisarem os custos de produção da soja, deve-se considerar que esses variam entre as diferentes regiões produtoras. Netto & Carvalho(1985), analisando a safra 82/83, verificaram que diferenças de produtividade e nas participações dos diversos insumos no custo total geram diferenças nos custos por hectare entre os estados brasileiros. Os autores constataram que, para essa safra, o estado de São Paulo foi o que apresentou menor custo por hectare e por tonelada.

Netto & Carvalho(1985) observaram ainda que, comparando os custos de produção da soja no Brasil e nos Estados Unidos, o Brasil tem vantagem comparativa na produção da cultura. Entretanto, as despesas de comercialização são mais elevadas no Brasil, fazendo com que o custo do produto no porto de exportação do país já supere o do produto americano.

Em análises relativas ao custo de produção das atividades, as características das mesmas com relação à sensibilidade da demanda de fatores às variações nos seus preços, bem como as relações de substituição entre eles, determinadas pela tecnologia empregada, são elementos centrais. Isso requer a representação do processo produtivo de uma maneira que aqueles parâmetros não sejam restritos a *priori*. Este trabalho é uma tentativa nesse sentido.

2 OBJETIVOS E IMPORTÂNCIA DO TRABALHO

O objetivo deste trabalho é analisar a sensibilidade da demanda de fatores na cultura de soja no estado de São Paulo, bem como as relações de substituição entre fatores na atividade. Especificamente, serão estimados parâmetros relevantes nas análises empíricas sobre o setor agrícola brasileiro, como as elasticidades-preço diretas e cruzadas e as elasticidades de substituição de Allen e de Morishima.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Dados

Os dados utilizados nesta pesquisa foram obtidos da revista *Informações Econômicas*, publicada pelo Instituto de Economia Agrícola (IEA) da Secretaria de Agricultura do Estado de São Paulo; constam de planilhas anuais de custo de produção de soja para o estado de São Paulo no período de 1971 a 1997, sendo a maioria dos dados referentes às Divisões Regionais Agrícolas (Diras) de Ribeirão Preto e de Barretos.

A Tabela 1 apresenta a composição do custo de produção da soja no estado de São Paulo para diferentes períodos. A análise dessa tabela, juntamente com as Figuras 1 e 2, mostra importantes alterações no custo de produção da soja ao longo das últimas décadas, tanto em relação ao custo total médio quanto em relação à composição desse custo.

Tabela 1 - Custo de produção da soja, SP, R\$/ha. Média dos períodos 71/79, 80/85, 86/90, 91/97 e 71/97

Período	Produção (sc/ha)	Mão-de-obra	Operações	Semente	Adubo e corretivo	Defensivo	Outros custos*	Custo total
71/79	34,00	70,79 (12,59)	113,65 (20,21)	70,58 (12,55)	181,51 (32,27)	47,81 (8,50)	78,09 (13,88)	562,44 (100)
80/85	35,00	39,13 (4,28)	153,63 (16,82)	75,05 (8,22)	255,02 (27,92)	121,81 (13,34)	270,22 (29,59)	913,33 (100)
86/90	35,00	24,35 (5,04)	127,10 (26,30)	77,08 (15,95)	152,87 (31,63)	35,33 (7,31)	66,54 (13,77)	483,28 (100)
91/97	37,50	17,87 (5,71)	82,25 (26,29)	38,67 (12,36)	77,75 (24,85)	19,94 (6,37)	76,35 (24,40)	312,91 (100)
71/97	35,42	41,44 (7,38)	117,15 (20,86)	64,50 (11,48)	165,64 (29,49)	54,72 (9,74)	118,20 (21,04)	561,64 (100)

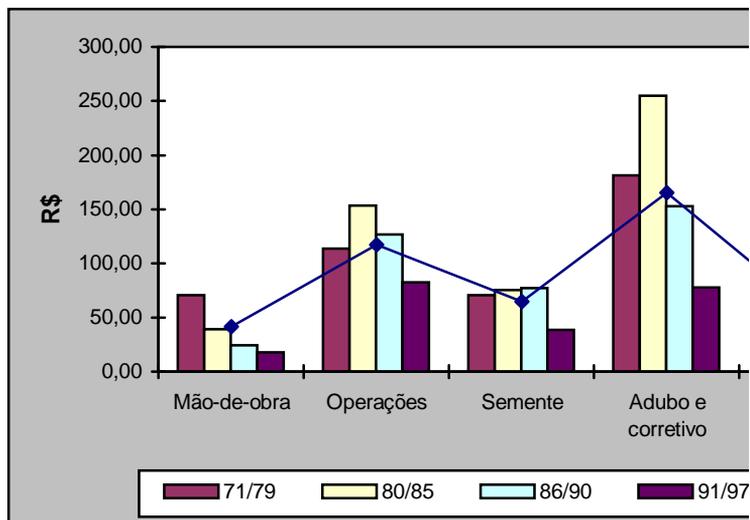
Fonte: IEA

Obs: Os valores entre parênteses correspondem à participação percentual de cada insumo no custo total.

* Outros custos envolve depreciação, encargos sociais, juros, Proagro, outros.

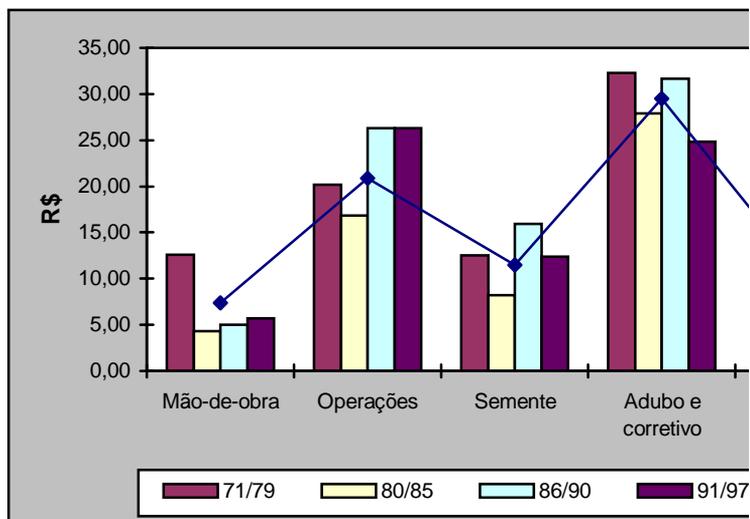
Analisando-se os valores do custo total, percebe-se uma clara tendência de diminuição dos mesmos, com exceção do período 80/85 em que a agricultura, de forma geral, enfrentou sérios problemas de preços, de custos e financiamentos. Para se ter uma idéia dos gastos com pagamentos de juros, que estão incluídos na variável “outros custos”, nos anos de 1984 e 1985, apenas os juros corresponderam a 38% do custo total da cultura da soja. Os resultados do período 80/85 devem ser analisados com cuidado, pois, nesse período, o IEA utilizou uma metodologia que embutia uma projeção da inflação esperada em alguns itens de custo, dificultando o deflacionamento. A partir de 1986, essa metodologia foi abandonada.

A redução no custo total é explicada pela redução nos gastos com praticamente todos os insumos produtivos, como pode ser facilmente observado na Figura 1. Comparando a década de 1970 com a de 1990, temos os seguintes gastos: a mão-de-obra caiu de R\$ 70,79 para R\$ 17,87 por hectare; as operações passaram de R\$ 113,65 para R\$ 82,25 por hectare; sementes, de R\$ 70,58 para R\$ 38,67 por hectare; adubos e corretivos, de R\$ 181,51 para R\$ 77,75 por hectare e defensivos, de R\$ 47,81 para R\$ 19,94 por hectare. A Figura 1 apresenta também a média de todo o período, na qual podemos observar que, a partir da segunda metade da década de 1980, os custos já apresentaram valores abaixo da média de todo o período.



Fonte: IEA.

Figura 1 - Participação dos insumos no custo total, R\$/ha. Média dos períodos 71/79, 80/85, 86/90, 91/97 e 71/97.



Fonte: IEA.

Figura 2 - Participação dos insumos no custo total, em %. Média dos períodos 71/79, 80/85, 86/90, 91/97 e 71/97.

Os valores entre parênteses da Tabela 1 e a Figura 2 representam as participações dos insumos no custo total em porcentagem. Esses resultados servem para dar uma indicação das mudanças na composição do custo total da soja. A Figura 2 mostra que alguns insumos ganharam importância nessa composição ao longo do período analisado, como é o caso dos gastos com operações e “outros custos”; já outros diminuíram sua participação, como é o caso dos gastos com mão-de-obra e com defensivos.

Modelo teórico

Como modelo teórico para o estudo, será utilizada a função de custo transcendental logarítmica (translog). A forma translog de custo foi escolhida por ser uma forma funcional flexível, impondo, dessa forma, poucas restrições *a priori* à função de produção subjacente. Entre os estudos que utilizaram a função translog para analisar a economia da produção agrícola, podem-se citar, por exemplo, Binswanger (1974a, 1974b), Dias (1982), Reis & Teixeira (1995) e Castro Jr. (1995).

Seja a função custo genérica:

$$C^* = c(Y, p_1, p_2, \dots, p_n) \quad (2)$$

onde C^* é o custo mínimo de produção e p_1, p_2, \dots, p_n são os preços dos fatores. Admita-se que a função custo acima satisfaça as condições usuais de homogeneidade e convexidade requeridas à função custo.

A função translog é obtida aplicando-se logaritmo à equação (2) e expandindo-se a função através de uma série de Taylor de segunda ordem, conforme pode ser visto a seguir:

$$\ln C^* = \theta_0 + \theta_y \ln Y + \sum_i \theta_i \ln p_i + \frac{1}{2} \sum_i \sum_j \beta_{ij} \ln p_i \ln p_j + \sum_i \beta_{iy} \ln p_i \ln Y + \frac{1}{2} \beta_{yy} (\ln Y)^2 \quad (3)$$

onde os θ 's e os β 's são parâmetros estruturais da função de custo, com imposição das condições de simetria, que implica $\beta_{ij} = \beta_{ji}$ para todo i, j ($i \neq j$).

A restrição de homogeneidade linear nos preços dos fatores requeridos para a função custo implica que:

$$\sum_i \theta_i = 1$$

$$\sum_i \beta_{iy} = \sum_i \beta_{ij} = \sum_j \beta_{ij} = \sum_i \sum_j \beta_{ij} = 0$$

Para maiores detalhes sobre as restrições, ver Binswanger (1974a).

Os parâmetros relevantes para a obtenção das elasticidades podem ser obtidos diretamente através da estimação da função custo, ou indiretamente através da estimação de um sistema obtido a partir das primeiras derivadas da mesma. Esse último procedimento, que gera um sistema de equações de parcelas de custo a serem estimadas, é conveniente do ponto de vista econométrico e será utilizado neste estudo. Tomam-se as derivadas primeiras da função custo em relação aos preços dos fatores:

$$\frac{\partial \ln C^*}{\partial \ln p_i} = \frac{\partial C^*}{\partial p_i} \cdot \frac{p_i}{C^*} \quad (4)$$

Como, de acordo com o Lema de Shephard $\frac{\partial C^*}{\partial p_i} = x_i$, tem-se que

$$\frac{\partial \ln C^*}{\partial \ln p_i} = \frac{x_i \cdot p_i}{C^*} = S_i, \text{ onde } S_i \text{ representa a parcela de custo atribuível ao insumo } i.$$

Dessa forma, a expressão (4) fica sendo um sistema de equações relacionando as parcelas de custo como funções dos preços dos insumos e da produção:

$$S_i = \theta_i + \sum_j \beta_{ij} \ln p_j + \beta_{iy} \ln Y \quad (5)$$

As elasticidades de substituição de Allen (η) e de demanda de fatores (h) podem ser obtidas com a utilização dos parâmetros da função de custo, como demonstrado por Binswanger (1974a, 1974b):

$$\eta_{ii} = \frac{\alpha_{ii}}{S_i} + S_i - 1 \quad (6)$$

$$\eta_{ij} = \frac{\alpha_{ij}}{S_i} + S_j \quad (7)$$

$$\sigma_{ii} = \frac{1}{S_i^2} (\alpha_{ii} + S_i^2 - S_i) \quad (8)$$

$$\sigma_{ij} = \frac{1}{S_i S_j} \alpha_{ij} + 1 \quad (9)$$

A elasticidade-preço direta da demanda de fatores [equação (6)] mostra a sensibilidade no uso do insumo quando ocorrem alterações no seu preço, enquanto a elasticidade cruzada [equação (7)] mede a alteração da quantidade de um fator provocada pela variação no preço de outro insumo. As elasticidades de Allen medem variações relativas na proporção entre dois fatores quando se altera a relação de preços desses fatores. As condições de monotonicidade e concavidade podem ser conferidas localmente, sendo que a monotonicidade requer que as parcelas de custo estimadas sejam não negativas, e a concavidade é violada quando as elasticidades-preço diretas apresentam sinais contrários ao esperado.

As elasticidades de substituição de Morishima (σ_{ij}^M) podem ser obtidas a partir das elasticidades de Allen ou das elasticidades de demanda dos fatores, de acordo com Ball & Chambers (1982) e Chambers (1988):

$$\sigma_{ij}^M = S_j (\sigma_{ij} - \sigma_{ji}) = \eta_{ij} - \eta_{ji} \quad (10)$$

Note-se que a equação (9) apresenta simetria (isto é, $\sigma_{ij} = \sigma_{ji}$) enquanto a equação (10) não é simétrica. Isso pode levar à seguinte situação: suponha que $\sigma_{ij} < 0$, mas que $|\sigma_{jj}| > |\sigma_{ij}|$; desde que a concavidade da função custo implica que $\sigma_{ij} < 0$, pela equação (10), tem-se que $\sigma_{ij}^M > 0$. Então, pode haver situações em que os insumos sejam substitutos de acordo com a elasticidade de Morishima, mas complementares de acordo com a elasticidade de Allen.

Modelo analítico

O modelo de análise consiste em uma função de custo translog, onde a variável dependente é o custo total da produção de um hectare (ha) de soja, e as variáveis independentes são os preços dos fatores produtivos e a quantidade produzida (em sacas/ha).

No modelo econométrico, foram utilizados apenas os dados relativos ao período 1974-1997, uma vez que não foi possível recuperarem-se os preços implícitos nos agregados de fatores nos anos de 1971, 1972 e 1973. Devido ao número relativamente pequeno de observações disponíveis, tornou-se necessário agregar os fatores de produção inicialmente listados na Tabela 1, de forma a se obter um número menor de parâmetros a serem estimados.

Dessa forma, o número de variáveis independentes no modelo econométrico foi reduzido a quatro, a saber: mão-de-obra/operações, sementes, adubos/corretivos e defensivos. A combinação dos fatores mão-de-obra e operações em um só agregado justifica-se devido ao alto grau de mecanização das operações na cultura da soja, o que faz com que grande parte da mão-de-obra utilizada na cultura seja de operadores de máquinas, uma relação tecnológica de coeficientes fixos. É razoável, portanto, admitir-se que ambos os fatores sejam separáveis na produção dos demais.

Além disso, foi eliminada a variável outros custos pelo fato de apresentar elevado desvio-padrão. Essa variável é um agregado de todos os demais itens de custo envolvidos na produção, especialmente depreciação. Essas alterações, apesar de reduzirem o potencial analítico do modelo, viabilizam a sua estimação, com resultados satisfatórios do ponto de vista econométrico. Analisando o período completo (74-94), observamos que mão-de-obra/operações correspondem a 34,15% dos custos; sementes correspondem a 14,63%; a maior participação fica para adubo/corretivo com 38,36%, e os defensivos participam com 12,86% dos custos.

Sendo assim, a equação de custo total é expressa de acordo com a expressão (3); com i e j representando os índices de mão-de-obra/operações (mop), sementes (se), adubo/corretivo (ac), defensivo (de). O índice de produção é dado por Y .

As estimações foram realizadas utilizando-se o método de Zellner, que é invariante quanto à equação omitida. Isso se deve ao fato de as estimações envolverem um sistema de equações de participação, o que pode resultar em correlação contemporânea dos erros, gerando um sistema de equações aparentemente não relacionadas.

4 RESULTADOS

Ao se estimarem os parâmetros das equações de parcelas de custo, omitiu-se a equação de sementes. Assim, os coeficientes das variáveis dessa equação de parcela foram obtidos através das condições de simetria e homogeneidade.

A Tabela 2 apresenta os resultados das estimações das equações de parcela. Os valores do teste t são razoáveis, sendo que as variáveis LPAC (logaritmo do preço do agregado adubo/corretivo) e LPDE (logaritmo do preço do agregado defensivo) apresentam boa significância. Esses resultados permitem analisar algumas características do sistema de produção da soja.

De acordo com as estimativas da Tabela 2, as parcelas de custo da mão-de-obra/operações (SMOP), adubos/corretivos (SAC) e defensivos (SDE) relacionam-se positivamente com seus respectivos preços, enquanto a parcela de sementes (SSE) relaciona-se negativamente com seu preço. Isso leva a supor que existe pouca flexibilidade do ponto de vista de substituições entre fatores no processo produtivo da soja, uma vez que o aumento dos preços dos insumos, necessariamente, leva a um aumento das parcelas da maioria dos fatores. Esse aspecto, entretanto, será mais bem analisado adiante.

Tabela 2 - Estimativas restritas dos coeficientes das equações de parcelas de custo translog dos fatores de produção de soja - estado de São Paulo, de 1974 a 1997

Parcelas	Intercepto	Preços				
		LPMOP	LPAC	LPDE	LPSE1	LY
SMOP	0,3131 (0,3445)	0,0272 (0,0335)	-0,0623 (0,0165)***	-0,0138 (0,0109)	0,0489 (0,0245)*	0,0900 (0,0732)
SAC	-0,4657 (0,4107)		0,0940 (0,0204)***	-0,0210 (0,0101)**	-0,0107 (0,0224)	0,0885 (0,0925)
SDE	0,0443 (0,2217)	(simetria)		0,0402 (0,0075)***	-0,0054 (0,0237)	-0,0106 (0,0602)
SSE	1,1083 ¹ (0,3872)***				-0,0328 (0,0728)	-0,1679 ¹ (0,0846)*

Fonte: Dados da pesquisa.

Obs: SMOP = parcela de mão-de-obra/operações; SAC = parcela de adubo/corretivo; SDE = parcela de defensivo; SSE = parcela de sementes; LP representa o logaritmo dos preços das variáveis e LY é o logaritmo da produção.

Os valores entre parênteses referem-se ao erro-padrão. As significâncias são: ***1%, **5% e *10%.

¹ Calculados utilizando-se a restrição de homogeneidade e seus valores do erro-padrão foram obtidos através da matriz de covariância.

No cálculo dos valores das elasticidades, foram utilizadas as médias amostrais das parcelas. Os valores utilizados são os seguintes: SMOP = 0,3575; SAC = 0,3720, DE = 0,1192 e SSE = 0,1517. Os valores positivos satisfazem a restrição de monotonicidade. Conferindo a condição de concavidade, nota-se pela Tabela 3 que essa propriedade foi atendida pelas elasticidades-preço diretas de todos os fatores produtivos que apresentaram sinais negativos.

Os testes estatísticos dos valores obtidos para as elasticidades foram, em sua maioria, significativos no nível de 1% de significância. As exceções foram as elasticidades cruzadas entre os fatores defensivos e sementes, que não se apresentaram significativas nos níveis usuais.

As elasticidades-preço diretas e cruzadas da demanda dos fatores de produção fornecem uma descrição da estrutura da demanda dos recursos na produção da soja. Os valores das elasticidades são calculados a partir das estimativas dos parâmetros das equações de parcela de custo. Como já foi visto, os sinais negativos das elasticidades-preço diretas estão de acordo com a teoria, com a quantidade demandada, tendo relação inversa com os preços dos fatores.

Como se pode ver pelos dados da Tabela 3, a variável semente foi a que apresentou o maior valor para a elasticidade-preço direta da demanda derivada - 1,0645 - valor significativo a 5% de probabilidade. Verifica-se, dessa forma, que a demanda desse insumo é altamente sensível às variações no seu preço. Note-se que o item sementes, sozinho, respondeu, na média, por 14,63% dos custos considerados com os fatores em análise.

Tabela 3 - Estimativas das elasticidades-preço diretas e elasticidades-preço cruzadas da demanda de fatores de produção da soja - estado de São Paulo, de 1974 a 1997

Quantidade	Preços			
	MOP	AC	DE	SE
MOP	-0,5664 (0,0938) *	0,1977 (0,0463) *	0,0806 (0,0306) **	0,2885 (0,0685) *
AC	0,1900 (0,0445) *	-0,3753 (0,0548) *	0,0627 (0,0271) **	0,1229 (0,0602) **
DE	0,2417 (0,0919) **	0,1958 (0,0846) **	-0,5436 (0,0633) *	0,1064 (0,1988)
SE	0,6798 (0,1615) *	0,3015 (0,1476) **	0,0836 (0,1562)	-1,0645 (0,4798) **

Fonte: Dados da pesquisa.

Obs: MOP=Mão-de-obra/Operações; AC=Adubo/Corretivo; DE=Defensivo e SE=Sementes.

Erro-padrão entre parênteses, em que $SE_{nij} = SE_{aj} / S_i$; test $t = n_{ij} / SE_{nij}$.

* significativo a 1%; ** significativo a 5%.

Os demais agregados apresentam valores menores do que a unidade, todos significativos a 1% de probabilidade. Isso mostra que a demanda por esses fatores é mais inelástica, havendo maior dificuldade na sua substituição quando o seu preço varia. Isso, naturalmente, está relacionado com o nível tecnológico da cultura, que se modernizou rapidamente no Brasil.

Sendo uma cultura geralmente de grandes áreas, altamente mecanizada e dependente de defensivos, praticamente inexistem, na cultura da soja, sistemas de produção alternativos. Dadas as grandes áreas da exploração, é difícil, por exemplo, substituir-se o uso de herbicidas na cultura por cultivo mecânico, como acontece nas culturas perenes. Da mesma forma, a mão-de-obra, nessa atividade, é fortemente vinculada à operação de equipamentos, que, por sua vez, estão necessária e estreitamente vinculados às explorações de grandes áreas. Daí a sensibilidade relativamente baixa do agregado mão-de-obra/operações às variações nos seus preços.

Finalmente, o agregado adubos/corretivos apresentou o menor valor para a elasticidade-preço da demanda derivada. Esse resultado também é coerente. Como se sabe, os solos brasileiros são, em geral, de baixa fertilidade, sendo praticamente impossível se produzirem em níveis comerciais sem a utilização de fertilizantes. No de Cerrado, em particular, o calcário é imprescindível, uma vez que o nível de acidez do solo está correlacionado com a fixação de nitrogênio atmosférico, um aspecto determinante na produtividade da cultura.

Analisando-se as elasticidades-preço cruzadas da demanda de fatores, verifica-se que todas as relações são de substituição. As elasticidades cruzadas são positivas para os recursos substitutos e negativas para os complementares. Verifica-se, ainda, que os valores das elasticidades cruzadas foram baixos, indicando pouca substituição. Por exemplo, um aumento no preço relativo dos fatores adubo/corretivo em 10% provoca uma redução na sua quantidade demandada e um aumento na demanda de mão-de-obra/operações de 1,97%.

As elasticidades de substituição de Allen (ϵ) mostram como variam as quantidades relativas dos fatores em face de variações nos seus preços relativos, refletindo substituição entre fatores, quando seu sinal é positivo, e complementaridade, quando seu sinal é negativo. As elasticidades de Allen são simétricas e seus resultados estão apresentados na Tabela 4. Os valores da diagonal principal têm pouco significado econômico, devendo, entretanto, apresentar sinais negativos.

Os testes estatísticos relativos aos valores obtidos para as elasticidades de Allen apresentaram bom comportamento, sendo, em sua maioria, significativos ao nível de 1% de significância. A exceção fica novamente para o relacionamento entre os fatores defensivos e sementes, que não se apresentaram significativos.

Os resultados apresentados na Tabela 4 indicam que todas as relações são de substituição, sendo que mão-de-obra/operações e sementes são fortes substitutos no processo produtivo, atingindo um valor de 1,9017, bem maior que a unidade. Isso estaria indicando que uma elevação de 10% na relação entre os preços do agregado mão-de-obra/operações (MOP) e sementes (SE) elevaria em 1,9% a relação SE/MOP, em termos de quantidades. Um encarecimento no item operações, dessa forma, favoreceria a utilização de sementes na cultura da soja, talvez como estratégia para se garantir um *stand* satisfatório face a uma redução esperada na utilização de equipamento agrícola.

Tabela 4 - Estimativas das elasticidades de substituição de Allen (s_{ij}) entre fatores de produção da soja - estado de São Paulo, de 1974 a 1997

(σ_{ij})	Preços			
	MOP	AC	DE	SE
MOP	-1,5844 (0,2623) *	0,5315 (0,1245) *	0,6762 (0,2570) **	1,9017 (0,4520) *
AC		-1,0089 (0,1473) *	0,5264 (0,2275) **	0,8104 (0,3971) **
DE	(simetria)		-4,5600 (0,5317) *	0,7014 (1,3093)
SE				-7,0172 (3,1652) **

Fonte: Dados da pesquisa.

Obs: MOP=Mão-de-obra/Operações; AC=Adubo/Corretivo; DE=Defensivo e SE=Sementes.

Erro-padrão entre parênteses, em que $SE_{s_{ij}} = SE_{a_{ij}} / S_i S_j$; test t = $s_{ij} / SE_{s_{ij}}$.

* significativo a 1%; ** significativo a 5%.

Note-se, ainda, que semente aparece como substituto também para os outros fatores, adubos/corretivos e defensivos. A natureza dessas relações é dúbia em termos *ex ante* e pode ser esclarecida apenas com base em trabalhos empíricos. Sabe-se que, em geral, sementes melhoradas tendem a ser exigentes quanto ao uso de fertilizantes, o que sugeriria complementaridade no seu uso. Mas os resultados mostram que, quanto mais caro o fertilizante, maior a utilização de sementes em termos de quantidade, o que poderia significar a preocupação de se garantir um *stand* adequado para a cultura, como forma de se utilizar plenamente o fator que encareceu em termos relativos.

Tabela 5 - Estimativas das elasticidades de substituição de Morishima (s_{ij}^M) entre fatores de produção da soja - estado de São Paulo, de 1974 a 1997

(σ_{ij})	Preços			
	MOP	AC	DE	SE
MOP	0	0,5730	0,6242	1,3530
AC	0,7564	0	0,6063	1,1874
DE	0,8081	0,5711	0	1,1709
SE	1,2462	0,6768	0,6272	0

Fonte: Dados da pesquisa.

Os valores das elasticidades de Morishima são apresentados na Tabela 5. Como todos os insumos são substitutos de acordo com as elasticidades de Allen, também deveriam apresentar relações de substituição pelas elasticidades de Morishima, o que, de fato, ocorreu.

5 CONCLUSÕES

A pesquisa detectou importantes alterações no custo total de produção da cultura da soja para o estado de São Paulo durante o período de 1971 a 1997, com significativa diminuição desse custo no início da década de 1990, sendo que esse valor corresponde a 55,6% do observado por hectare para a década de 1970.

Além disso, ocorreram importantes alterações na composição do custo durante o período, com diminuição da participação da mão-de-obra e reflexo do processo de mecanização da cultura. Os gastos com operações também diminuíram em termos absolutos, tendo, entretanto, sua participação nos custos aumentado. As sementes mantiveram sua participação nos custos durante o período e adubos/corretivos e defensivos apresentaram diminuição de sua participação.

Os resultados das elasticidades-preço cruzada da demanda de insumos mostraram que todos os fatores utilizados no processo produtivo da cultura da soja apresentam relações de substituição. Os produtores utilizam mais intensamente mão-de-obra/operações à medida que adubo/corretivo, defensivos e sementes ficam mais caros.

As elasticidades-preço diretas dos fatores de produção indicaram uma maior sensibilidade do setor de soja a alterações nos preços de mão-de-obra/operações, defensivos e sementes. A análise das elasticidades de substituição entre fatores indica que mão-de-obra/operações e sementes são fortes substitutos no processo produtivo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABAG *Segurança alimentar: uma abordagem de agribusiness*, São Paulo, Edições Abag, 1993.
- BALL, V.E. & CHAMBERS, R. Economic analysis of technology in the meat product industry. *American Journal of Agricultural Economics*, v.64, n.4, p.699-709, Nov. 1982.
- BINSWANGER, H.P. A cost function approach to the measurement of elasticities of substitution. *American Journal of Agricultural Economics*, Lexington, v.56, n.2, p.377-386, May 1974a.

- BISWANGER, H. P. The measurement of technical change bias with many factors of production. *The American Economic Review*, Providence, v.64, n.6, p.964-976, Dec 1974b.
- CASTRO JUNIOR, L.G. de *Mudança tecnológica na cafeicultura mineira: um estudo no período de 1978 a 1993*. Lavras, 1995, 57p. (mestrado).
- CHAMBERS, R.G. *Applied production analysis: a dual approach*. Cambridge University Press. New York. 331p. 1988.
- DIAS, R.S. *Elasticidade de substituição e de demanda de fatores na agricultura brasileira*. Viçosa: UFV/Imprensa Universitária, 1982. 55p. (mestrado).
- FNP - Consultoria e Comércio. Agriannual 96. *Anuário estatístico da agricultura brasileira*. S.P., 1996.
- NETTO, D. D. & CARVALHO, F. C. de *Aspectos agroeconômicos da soja*. São Paulo, Secretaria da Agricultura, IEA, 1985. 135p. (Relatório de Pesquisa, 9/85).
- NOGUEIRA JR., S.; ARAÚJO, P.F.C.; YAMAGUISHI, C.T. *Considerações sobre a economia da soja*. São Paulo, Secretaria da Agricultura, IEA, 1976. 49p. (Relatório de pesquisa, 6).
- REIS, R.P. & TEIXEIRA, E.C. Estrutura de demanda e substituição de fatores produtivos na pecuária leiteira: o modelo de custo translog. *Revista Brasileira de Economia*, Rio de Janeiro, v.49, n.3, p.545-54, jul/set 1995.

SYNOPSIS

PRODUCTION SOYBEAN TECHNOLOGY IN SÃO PAULO

The main objective of this study is to analyse the demand of inputs of soybean production in São Paulo state and the relation of input substitution in production activity. The analytical model is the translog cost function approach and the inputs analysed are labor, fertilizer, pesticides and seeds. The results are elasticities of demand, Allen's and Morishima's elasticities of substitution. The results for cross price elasticities of factor demand suggest the substitutability among inputs in the market.

Key-words: duality theory, elasticities of demand, Allen's elasticities, Morishima's elasticities.

SINOPSIS

ESTUDIO DE LA TECNOLOGÍA UTILIZADA EN LA PRODUCCIÓN DE SOJA EN SÃO PAULO

El objetivo central de este trabajo es analizar la sensibilidad de la demanda de factores de producción del cultivo de soja en el estado de São Paulo, así como las relaciones de institución entre factores en la actividad. El modelo analítico consiste en la función de coste translog, y los factores analizados sur mano de obra y operaciones, abono y correctivo, defensivos agrícolas y semillar. Los resultados obtenidos su las flexibilidades-precio directas y cruzadas y las flexibilidades de sustitución de Allen y de Morishima. Los resultados de las flexibilidades-precio cruzadas de la demanda de insumos mostraron que todos los factores utilizados en el precio productivo del cultivo de soja presentan relaciones de sustitución.

Palabras clave: teoría de la dualidad, flexibilidad-precio de la demanda, flexibilidad de Allen, flexibilidad de Morishima.