

FUNÇÃO DE CUSTO *TRANSLOG* E O MERCADO DE FATORES PARA O ALGODÃO NO ESTADO DE SÃO PAULO: O CASO DA DIRA DE CAMPINAS

*Thereza Christina Pippa Rochelle¹
Joaquim Bento de Souza Ferreira Filho²*

RESUMO - Neste estudo, estima-se a função custo de produção para o algodão na Divisão Regional Agrícola (DIRA) de Campinas, Estado de São Paulo, utilizando-se o modelo *translog*. São analisadas as relações no mercado de fatores para essa cultura, mediante das estimativas das elasticidades-preço da demanda de fatores e das elasticidades de substituição parcial, de Allen e de Morishima, entre fatores. Os fatores de produção considerados foram mão-de-obra; operações com máquinas, fertilizantes e corretivos; sementes; e outros custos. Os resultados deste estudo evidenciaram que a maior parcela dos custos de produção na cultura do algodão é representada pelas despesas com mão-de-obra e que há complementaridade entre os fatores mão-de-obra e operações com máquinas, mas há predominância da relação de substituição entre os demais pares de fatores produtivos. As estimativas das elasticidades parciais, de Allen, revelaram complementaridade entre mão-de-obra e operações com máquinas e substitutibilidade entre os demais fatores. Contudo, pelo conceito de elasticidade de substituição, de Morishima, os fatores mão-de-obra e operações com máquinas apresentaram-se complementares, para variações no preço da mão-de-obra, e substitutos, para variações no preço de operações com máquinas.

Palavras-chaves: Custo, algodão, elasticidade de substituição, *translog*.

¹ Engenheiro-Agrônomo, Mestre em Ciências (Área de Concentração: Economia Aplicada), aluna de doutorado em Economia Aplicada do Departamento de Economia, Administração e Sociologia da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ), Universidade de São Paulo (USP).

² Professor Associado do Departamento de Economia, Administração e Sociologia da ESALQ/USP.

INTRODUÇÃO

O papel desempenhado pelo algodão brasileiro no mercado mundial tem sofrido grandes transformações nos últimos 25 anos. A seqüência de políticas comerciais adotadas nesse período visaram ao abastecimento interno, e o Brasil acabou passando da condição de exportador para importador dessa fibra. A crise instalada no setor algodoeiro, desde a década de 70, foi agravada pela abertura comercial brasileira nos anos 90 e por políticas de subsídios às exportações dos Estados Unidos e Europa (Barbosa, 1996).

Além disso, a facilidade de financiamentos externos em condições atrativas e a valorização cambial, especialmente a partir de 94, facilitaram ainda mais as importações de grandes volumes de algodão, o que comprometeu a comercialização interna do produto (Barbosa, 1996). Em 1991, o Brasil importou 103,8 mil toneladas de algodão em pluma e, em 1996, o volume importado aumentou mais de três vezes, passando para 390 mil toneladas.

A área plantada com algodão, no Brasil, reduziu-se de 1.939 mil hectares, em 1991, para 925 mil hectares, em 1996 (redução de 50,8%). A produção de algodão em pluma, no mesmo período, passou de 717 mil toneladas para 410 mil toneladas, ou seja, uma redução de 42,8% na produção brasileira.

No Estado de São Paulo, historicamente um dos focos de expansão da cotonicultura brasileira, a produção, que era de 123,6 mil toneladas de algodão em pluma em 1991, reduziu-se para 63,4 mil toneladas em 1996. A queda na produção foi de 48,7% durante o período, indicando que a produção paulista diminuiu mais do que a nacional (Ferreira Filho, 1998).

O desenvolvimento da cultura do algodão no Estado de São Paulo baseou-se em pequenas e médias propriedades, com intensa utilização de mão-de-obra, principalmente destinada à colheita. Esse sistema era compatível com a abundância de mão-de-obra nas décadas de setenta e oitenta. Contudo, comparada aos modernos sistemas de colheita mecanizada, essa técnica onera sobremaneira os custos de produção (Ferreira Filho, 1998).

O objetivo deste estudo é analisar as relações tecnológicas na produção da cultura do algodão no Estado de São Paulo, mediante estimativas das elasticidades-preço da demanda de fatores e das elasticidades de substituição entre fatores. Para isso, será estimado o modelo de custo transcendental logarítmico (translog), utilizando-se observações referentes ao período de 1975 a 1998.

Os estudos de Biswanger (1974), Ray (1982), Reis e Teixeira (1995), Castro Júnior et al. (1996), Dalton et al. (1997) e Parré e Ferreira Filho (1998) utilizaram a função custo translog para analisar diversos aspectos relacionados com a economia da produção na agricultura.

MÉTODOS

Fundamentação Teórica

Os métodos utilizados neste estudo baseiam-se no enfoque da dualidade entre as funções de produção e custo, a partir do qual se torna possível analisar um processo produtivo a partir de sua função custo [Silberberg (1993), Lerda (1979), Debertin e Pagoulatos (1985), Beattie e Taylor (1985), Chambers (1988)]. A forma translog da função custo é uma forma funcional flexível, não impondo restrições "a priori" à função de produção a ela associada. Por essa razão, foi escolhida para ser utilizada neste estudo.

A função custo expressa o custo de produção como uma função dos preços dos insumos utilizados na produção e da quantidade produzida. Admite-se que, para cada quantidade produzida Y , o ponto correspondente da função custo seja mínimo. Assim, a expressão (1) representa a função custo associada à função de produção:

$$C^* = c(Y, P_1, P_2, P_3, \dots, P_n), \quad (1)$$

em que C^* é o mínimo custo para o nível de produção Y ; e

$P_1, P_2, P_3, \dots, P_n$ são os preços dos insumos utilizados no processo produtivo.

Aplicando-se logaritmos naturais à expressão (1) e fazendo-se a

expansão por meio de uma série de Taylor em torno do vetor unitário, obtém-se a função de custo transcendental logarítmica (translog), representada pela expressão (2):

$$\ln C^* = \beta_0 + \beta_Y \ln Y + \sum_{i=1}^n \beta_i \ln P_i + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \beta_{ij} \ln P_i \ln P_j + \sum_{i=1}^n \beta_{iY} \ln P_i \ln Y + \frac{1}{2} \beta_{YY} (\ln Y)^2, \quad (2)$$

em que os parâmetros estruturais são representados pelos β s, e os índices i e j identificam os fatores de produção utilizados na estimação da função custo. A condição de simetria é imposta pela restrição $\beta_{ij} = \beta_{ji}$, para $i \neq j$, e a homogeneidade linear é garantida pelas condições

$$\sum_{i=1}^n \beta_i = 1 \quad \text{e} \quad \sum_{i=1}^n \beta_{iY} = \sum_{i=1}^n \beta_{ij} = \sum_{j=1}^n \beta_{ij} = 0.$$

Para a função *translog*, as condições de monotonicidade e concavidade são conferidas localmente. A monotonicidade da função é condicionada pelo comportamento das parcelas de custo e será atendida se estas apresentarem sinal não-negativo. Para que a concavidade seja satisfeita, é necessário que o determinante hessiano seja semidefinido negativo.

Tomando-se a derivada parcial da expressão (2) em relação a todos os preços dos fatores e fazendo-se uso do Lema de Shephard, obtém-se um sistema de n equações, as quais representam as demandas derivadas dos fatores de produção em função dos preços. Conforme apresentado na expressão (3), a demanda por fatores é expressa pelas parcelas de custo:

$$\frac{\partial \ln C^*}{\partial \ln P_i} = S_i = \beta_i + \sum_{j=1}^n \beta_{ij} \ln P_j + \beta_{iY} \ln Y, \quad (3)$$

em que S_i é a parcela de custo referente ao fator i . Assim, os parâmetros da função custo *translog* podem ser determinados pela estimação de n parcelas de custo que compõem o sistema de equações representado por (3).

Conforme proposto por Biswanger (1974), as elasticidades-preço

diretas e cruzadas, representadas respectivamente por η_{ii} e η_{ij} , podem ser obtidas pelas expressões (4) e (5):

$$\eta_{ii} = \frac{\beta_{ii}}{S_i} + S_i - 1 \quad (4)$$

$$\eta_{ij} = \frac{\beta_{ij}}{S_i} + S_j \quad (5)$$

As elasticidades de substituição parcial, de Allen, podem ser calculadas pelas expressões (6) e (7), seguindo a proposta de Biswanger (1974):

$$\sigma_{ii} = \frac{1}{S_i^2} (\beta_{ii} + S_i^2 - S_i), \quad (6)$$

$$\sigma_{ij} = \frac{1}{S_i S_j} \beta_{ij} + 1 \quad (7)$$

O cálculo da elasticidade de substituição, de Morishima (σ_{ij}^M), pode ser feito a partir das elasticidades parciais, de Allen, ou das elasticidades-preço de demanda de fatores (Chambers, 1988):

$$\sigma_{ij}^M = S_j (\sigma_{ij} - \sigma_{jj}) = \eta_{ij} - \eta_{jj} \quad (8)$$

Dois pontos devem ser observados em relação à elasticidade de substituição de Morishima: primeiro, ela não é simétrica, ou seja, $\sigma_{ij}^M \neq \sigma_{ji}^M$; segundo, um par de insumos pode ser complementar em termos da elasticidade de substituição parcial, de Allen ($\sigma_{ij} < 0$), enquanto a medida correspondente, de Morishima, pode classificá-lo como substituto ($\sigma_{ij}^M > 0$). Essa situação pode ocorrer se $|\sigma_{ij}| < |\sigma_{jj}|$ (lembrando que $\sigma_{jj} \leq 0$), pois, dessa forma, σ_{ij}^M será sempre positiva, mesmo se $\sigma_{ij} < 0$.

Para verificar a significância dos valores obtidos para as elasticidades, são calculados seus respectivos desvios-padrões (*se*), pela expressão (9), e o valor de *t*, pela expressão (10), a fim de realizar o teste *t*, de Student:

$$se_{\eta_{ij}} = \frac{se_{\beta_{ij}}}{S_i} \quad (9)$$

$$t = \frac{\eta_{ij}}{se_{\eta_{ij}}} \quad (10)$$

em que, para $i=j$, as expressões (9) e (10) referem-se às elasticidades-preço diretas e, para $i \neq j$, referem-se às elasticidades-preço cruzadas.

Estimação da Função Custo *Translog* para o Algodão

Os dados

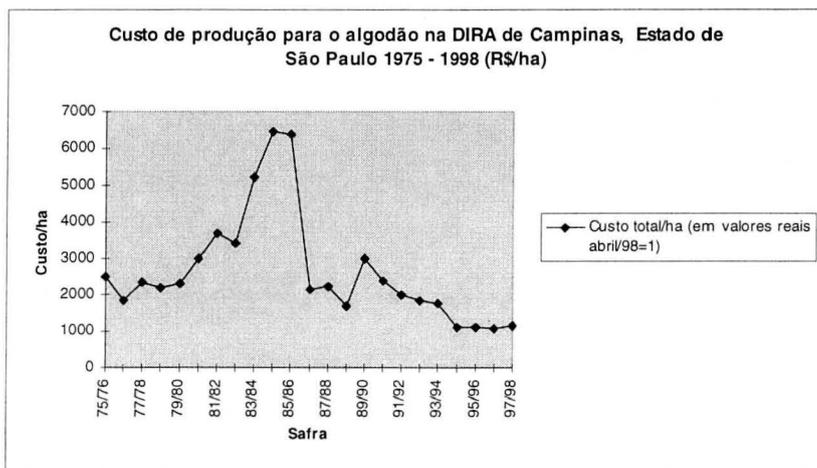
Os dados utilizados neste estudo foram as séries de Custo Operacional Total (COT) de produção, levantados anualmente pelo Instituto de Economia Agrícola do Estado de São Paulo (IEA) e divulgados na publicação Informações Econômicas. Todos os valores e preços, no período de 1975 a 1998, foram atualizados, para preços de abril de 1998, pelo Índice Geral de Preços (IGP) da Fundação Getúlio Vargas (FGV). Faz-se necessário esclarecer que, até 1987, o COT utilizado no estudo referia-se ao resultado econômico da cultura, ou seja, aos valores realmente observados (*ex post*). A partir de 1988, o COT é calculado com base em uma produtividade estimada da cultura (*ex ante*).

O IEA adotou tal procedimento porque, até 1985, as estimativas do COT embutiam uma expectativa de inflação em diversos itens da planilha de custo; após esse período, essa metodologia foi abandonada. Portanto, o deflacionamento da série torna-se problemático antes de 1985 (inclusive).

O IEA define o Custo Operacional Total (COT) de produção por hectare como o Custo Operacional Efetivo (COE) mais depreciação e juros bancários. O Custo Operacional Efetivo é composto pelas despesas com operações mais o material consumido. Nas despesas com ope-

rações incluem-se mão-de-obra comum, mão-de-obra utilizada para colheita, trator, arado, grade, cultivador, sementes, defensivos, adubos e corretivos, carreta e colhedeira.

Figura 1 - Custo Operacional Total para o algodão, na DIRA de Campinas, Estado de São Paulo (1975 - 1998)



Fonte: IEA.

O COT de produção de algodão, utilizado na estimação da função custo translog neste estudo, refere-se à Divisão Regional Agrícola (DIRA), de Campinas, Estado de São Paulo, para o período de 1975 a 1998³. O sistema de produção de algodão adotado foi o de Tração Motomecanizada (TM). A escolha dessa DIRA, bem como do sistema de produção, foi condicionada pela continuidade da série de dados ao longo do tempo.

Os fatores de produção considerados foram mão-de-obra (MO), operações com máquinas (OPM), fertilizantes e corretivos (FERT), sementes (SE) e outros custos (OC)⁴. As parcelas de custo dos fatores de

³ Os custos de produção de algodão, referentes à safra 95/96, não se encontram disponíveis, motivo pelo qual se utilizou uma média dos valores das safras 94/95 e 96/97.

⁴ Os fatores foram selecionados de acordo com a disponibilidade dos dados necessários à estimação da função custo.

produção são representadas pelas despesas totais com cada um deles. Nas despesas com MO, foram consideradas a mão-de-obra comum e a mão-de-obra para colheita, devido à grande importância dessa última no sistema de produção do algodão no Estado de São Paulo. Os preços dos fatores foram obtidos diretamente ou pela razão entre a despesa com o fator e a quantidade utilizada deste.

Procedimento utilizado

Definem-se i e j como os fatores mão-de-obra (MO), operações com máquinas (OPM), fertilizantes e corretivos (FERT), sementes (SE) e outros custos (OC). Na estimação do sistema de equações das parcelas de custo representadas por (3), a homogeneidade linear nos preços dos fatores foi imposta pela normalização das equações do sistema pela parcela OC. As equações que compõem o sistema estimado são representadas por (11), (12), (13) e (14):

$$S_{MO} = \beta_{MO} + \beta_{MO,MO} \ln P_{MO} + \beta_{MO,OPM} \ln P_{OPM} + \beta_{MO,FERT} \ln P_{FERT} + \beta_{MO,SE} \ln P_{SE} + \beta_{MO,Q} \ln Q \quad (11)$$

$$S_{OPM} = \beta_{OPM} + \beta_{OPM,OPM} \ln P_{OPM} + \beta_{OPM,FERT} \ln P_{FERT} + \beta_{OPM,SE} \ln P_{SE} + \beta_{OPM,Q} \ln Q \quad (12)$$

$$S_{FERT} = \beta_{FERT} + \beta_{FERT,FERT} \ln P_{FERT} + \beta_{FERT,SE} \ln P_{SE} + \beta_{FERT,Q} \ln Q \quad (13)$$

$$S_{SE} = \beta_{SE} + \beta_{SE,SE} \ln P_{SE} + \beta_{SE,Q} \ln Q \quad (14)$$

em que S refere-se à parcela de custo de cada fator; β representa os parâmetros a serem estimados em cada equação; $\ln P$ é o logaritmo natural do preço de cada fator; e Q é a quantidade produzida.

Uma vez que a soma das parcelas é igual a um, torna-se necessário suprimir uma das equações do sistema, a fim de evitar a singularidade da matriz de variâncias e covariâncias. Além disso, como os erros das equações das parcelas podem apresentar-se correlacionados contemporaneamente, o método utilizado na estimação do sistema foi o das equações de regressão aparentemente não-correlacionadas (*Seemingly Unrelated Regression - SUR*). O procedimento para estimação foi o método de Zellner, no qual o resultado é invariante em relação à equação suprimida (Kmenta, 1990).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das estimativas das parcelas de custo pelo método SUR, com a imposição das restrições de homogeneidade linear e simetria, são apresentados na Tabela 1. Observa-se, na referida tabela, que a homogeneidade linear foi garantida pelo somatório igual à unidade, da coluna referente aos interceptos das equações das parcelas de custo

($\sum_{i=1}^n \beta_i = 1$) e pelo somatório igual a zero, das demais colunas e de todas

as linhas da tabela $\left(\sum_{i=1}^n \beta_{iY} = \sum_{i=1}^n \beta_{ij} = \sum_{j=1}^n \beta_{ij} = 0 \right)$. A condição de

simetria foi imposta pela restrição $\beta_{ij} = \beta_{ji}$ para $i \neq j$, como pode-se observar na Tabela 1.

A monotonicidade da função foi garantida pelo comportamento das parcelas de custo, que se apresentaram todas positivas. As parcelas de custo foram calculadas pela média aritmética da amostra, e os valores obtidos foram: SMO=0,2877, SOPM=0,1455, SFERT=0,1850, SSE=0,02837, SOC=0,3533. A parcela OC foi obtida por diferença, subtraindo-se a soma de todas as parcelas estimadas da unidade.

Tabela 1 - Resultados da estimativa das equações parciais de custo do algodão, na DIRA de Campinas, Estado de São Paulo (1975-1998)

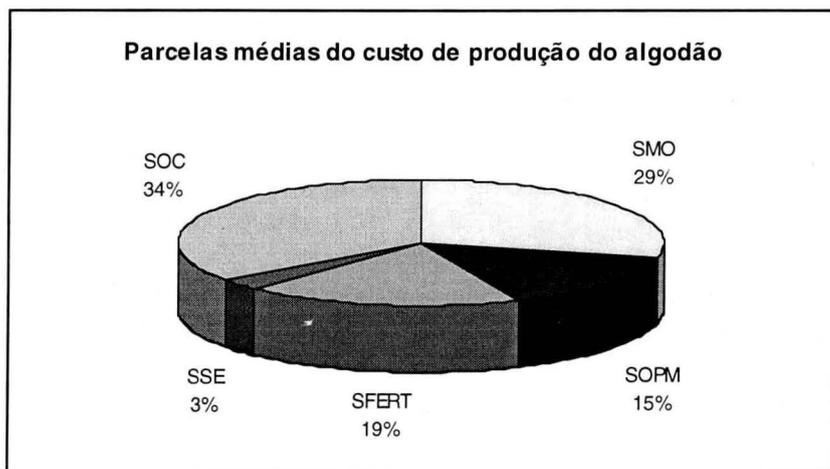
Parcelas	Variáveis dependentes							Somatório
	Intercepto	LQ	LMO	LOPM	LFERT	LSE	LOC	
SMO	3,135859* (8,453)	-0,457461* (-6,795)	0,047479**** (-1,469)	-0,12821* (-5,273)	-0,021556 (-0,0951)	0,001190 (-0,062)	0,101097	0
SOPM	-1,193214* (-3,488)	0,236757* (3,772)	-0,128210	0,04509** (2,18)	-0,004802 (-0,275)	-0,003568 (-0,194)	0,091490	0
SFERT	-1,284006 (-1,309)	0,154251 (0,869)	-0,021556	-0,004802	0,104505** (2,422)	-0,001305 (-0,025)	-0,076842	0
SSE	-0,180687*** (-1,803)	0,041056** (2,005)	0,001190	-0,003568	-0,001305	0,016972 (2,881)	-0,013289	0
SOC	0,522048	0,025397	0,101097	0,091490	-0,076842	-0,013289	-0,102456	0
Somatório	1	0	0	0	0	0	0	

Nota: o valor de *t* encontra-se entre parênteses; * significativo a 1%, ** significativo a 5%, *** significativo a 10%, **** significativo a 20%.

SMO=parcela de custo referente à mão-de-obra; SOPM=parcela de custo referente às operações com máquinas; SFERT=parcela de custo referente a fertilizantes e corretivos; SSE=parcela de custo referente a sementes; SOC=parcela referente a outros custos; LQ=logaritmo da quantidade produzida; LMO=logaritmo do preço da mão-de-obra; LOPM=logaritmo do preço das operações com máquinas, LFERT=logaritmo do preço dos fertilizantes e corretivos, LSE=logaritmo do preço da semente; e LOC=calculado pela restrição de homogeneidade.

Pode-se verificar, na Figura 2, que a maior parcela se refere às despesas com mão-de-obra, excetuando-se a parcela outros custos. A participação da mão-de-obra no COT de produção do algodão é bastante expressiva, provavelmente em razão de a colheita manual representar a tecnologia de produção na DIRA, de Campinas, e predominar no Estado de São Paulo. O desenvolvimento histórico da cotonicultura nesse Estado baseou-se no sistema de colheita manual em propriedades pequenas e médias e é caro, se comparado aos sistemas de colheita mecanizada adotados atualmente. Entretanto, a possibilidade de mecanizar a colheita exige grandes áreas para que esta se torne economicamente viável, o que não é o caso geral das propriedades agrícolas onde se cultiva algodão no Estado de São Paulo.

Figura 2 - Parcelas médias de custo dos fatores de produção para o algodão, na DIRA de Campinas, Estado de São Paulo (1975-1998)



Nota: SMO=parcela de custo referente à mão-de-obra; SOPM=parcela de custo referente às operações com máquinas; SFERT=parcela de custo referente a fertilizantes e corretivos; SSE=parcela de custo referente às sementes; SOC=parcela referente à outros custo.

Mediante sinais negativos das elasticidades-preço diretas (diagonal principal), apresentadas na Tabela 2, pode-se observar que a concavidade da função custo foi atendida. Excetuando-se fertilizantes/corretivos, os demais valores apresentaram-se significativos estatisticamente. Todas as elasticidades-preço diretas resultaram em valores menores do que a unidade, o que indica que a demanda dos fatores considerados na análise é inelástica, ou seja, responde menos que proporcionalmente às variações nos respectivos preços. O somatório igual a zero das elasticidades-preço direta e cruzadas, em cada linha, confirma a imposição da restrição de homogeneidade linear da função indireta de custo.

Nota-se, na Tabela 2, que as elasticidades-preço diretas, que evidenciam maior sensibilidade na demanda de fatores, são aquelas referentes a mão-de-obra e operações com máquinas, excetuando-se

OC. Esse resultado é coerente com as estimativas das parcelas de custo, uma vez que a maior delas é representada pelas despesas com mão-de-obra. Para um aumento (diminuição) de 1% no preço da diária da mão-de-obra, a demanda por esse fator reduz (eleva-se) 0,547%. No caso das operações com máquinas, para um aumento (redução) de 1% no seu preço, a demanda reduz (eleva-se) 0,545%.

Tabela 2 - Estimativa das elasticidades-preço diretas e cruzadas da demanda de fatores para a produção do algodão, na DIRA de Campinas, Estado de São Paulo (1975 - 1998)

Quantidade	Preço do Fator					Somatório
	Mão-de-obra	Op.Máquinas	Fertilizantes	Sementes	Outros Custos	
	(MO)	(OPM)	(FERT)	(SE)	(OC)	
Mão-de-obra	-0,547258*	-0,300065*	0,110113****	0,032510	0,704700	0
(MO)	(-4,8712)	(-3,5508)	(1,3971)	(0,4838)		
Op.Máquinas	-0,59328*	-0,544633*	0,152033****	0,003856	0,982024	0
(OPM)	(-3,5508)	(-3,8326)	(1,2649)	(0,03052)		
Fertilizantes	0,17123****	0,119574	-0,250170	0,021321	-0,061955	0
(FERT)	(1,3971)	(1,2649)	(-1,07262)	(0,01179)		
Sementes	0,329670	0,019777	0,139037	-0,373471***	-0,115013	0
(SE)	(0,4838)	(0,03050)	(0,07687)	(-1,7988)		
Outros Custos	0,573849	0,404455	-0,032444	-0,009236	-0,936625	0
(OC)						

Nota: o valor de *t* encontra-se entre parênteses; * significativo a 1%, *** significativo a 10%, **** significativo a 20%.

Para sementes, a elasticidade-preço direta apresentou menor valor em comparação aos fatores mão-de-obra e operações com máquinas. Provavelmente, a demanda mais inelástica por esse fator esteja relacionada com a aquisição das sementes no Estado de São Paulo. Até o ano de 1997, era proibido plantar outras variedades que não as desenvolvidas e produzidas pelo Instituto Agrônômico de Campinas (IAC).

O valor obtido para a elasticidade-preço direta de fertilizantes/corretivos indica que esse fator produtivo possui demanda mais inelástica que os demais, provavelmente em razão da necessidade de correção da fertilidade e acidez do solo, prática necessária ao plantio do algodão no Estado de São Paulo.

Considerando-se as elasticidades-preço cruzadas na Tabela 2, o sinal positivo indica substituição entre fatores, enquanto o sinal negativo

indica que estes são complementares. Menos da metade dos valores obtidos foram estatisticamente significativos e, com exceção da elasticidade-preço cruzada entre mão-de-obra e operações com máquinas, o nível de significância das demais elasticidades cruzadas foi baixo. Por essa razão, a análise dos valores obtidos para as elasticidades-preço cruzadas fica limitada.

Nota-se que mão-de-obra e operações com máquinas são fatores complementares, ou seja, o aumento no preço de um fator leva à redução na demanda do próprio fator e também na demanda do fator a ele complementar. Outros custos e fertilizantes/corretivos e outros custos e sementes também apresentam complementaridade entre si.

Observa-se relação de substituição entre todos os demais pares de fatores produtivos. A relação de substituição indica que, à medida que o preço de um fator aumenta, o fator substituto é mais intensamente utilizado.

A Tabela 3 apresenta os resultados das elasticidades de substituição parcial de Allen entre fatores, que indicam a variação na demanda relativa do fator quando seu preço varia relativamente a outro fator. Em sua maioria, os valores das elasticidades parciais, de Allen, foram significativos a 1%.

Tabela 3 - Estimativa das elasticidades de substituição parcial, de Allen, diretas e cruzadas, entre fatores para produção do algodão, na DIRA de Campinas, Estado de São Paulo (1975 - 1998)

Elasticidade Subs Parcial de Allen	Preço do Fator				
	Mão-de-obra (MO)	Op.Máquinas (OPM)	Fertilizantes (FERT)	Sementes (SE)	Outros Custos (OC)
Mão-de-obra	-1,902*	-2,0619*	0,5951*	1,1458*	1,9944
(MO)	(-16,9299)	(-2,4403)	(7,5505)	(17,0522)	
Op.Máquinas		-3,7425*	0,8217*	0,1359	2,7793
(OPM)		(-26,3362)	(6,8363)	(1,0755)	
Fertilizantes			-1,3521*	0,7514	-0,1753
(FERT)			(-5,7970)	(0,4154)	
Sementes				-13,1625*	-0,3255
(SE)				(-63,3968)	
Outros Custos					-2,6508
(OC)					

Nota: o valor de *t* encontra-se entre parênteses; * significativo a 1%.

Na diagonal principal da Tabela 3, os valores referem-se às elasticidades de substituição "diretas". Os valores fora da diagonal principal são simétricos, e o sinal positivo indica substituição entre fatores, enquanto o sinal negativo indica complementaridade. Conforme esperado pela teoria, todos os valores na diagonal principal apresentam sinais negativos. Embora com pouco significado econômico, esse resultado indica que todo fator de produção é complementar a si próprio e confirma a concavidade da função custo.

De acordo com o conceito de elasticidade de substituição parcial, de Allen, os fatores mão-de-obra e operações com máquinas são complementares na produção de algodão. Para um aumento relativo (diminuição) de 1% no preço da mão-de-obra, a demanda relativa por operações com máquinas reduz (eleva-se) 2,06%. O mesmo é válido em operações com máquinas e mão-de-obra, respectivamente, uma vez que a Tabela 3 é simétrica. Esse resultado demonstra forte relação de complementaridade, pois a variação relativa na demanda de um fator é mais do que proporcional à variação no preço relativo entre eles.

Quanto às demais elasticidades observadas na Tabela 3, nota-se que a maior parte apresenta sinais positivos, indicando substituição entre os fatores de produção do algodão. A relação entre fertilizantes/corretivos e mão-de-obra, entre fertilizantes/corretivos e operações com máquinas, assim como entre fertilizantes/corretivos e sementes, é de substituição. Dentre esses pares de fatores, a maior elasticidade de substituição refere-se a fertilizantes/corretivos e a operações com máquinas (0,8217), indicando que a demanda relativa desses pares de fatores é inelástica.

Os fatores sementes e mão-de-obra e sementes e operações com máquinas são também considerados como substitutos no processo produtivo. Pode-se observar, pelo valor da elasticidade de substituição parcial, de Allen, que a substituição entre sementes e mão-de-obra é maior do que a unidade. Nesse caso, quando o preço relativo de um fator aumenta (diminui) 1%, a demanda relativa do fator substituto aumenta (diminui) 1,15%, ou seja, há aumento (ou redução) na demanda relativa mais do que proporcional pelo fator substituto.

Quanto às elasticidades de substituição parcial, de Allen, entre outros custos e mão-de-obra e entre outros custos e operações com

máquinas, observa-se que há relação de substituição nos dois casos. Embora os valores apresentados indiquem substituição mais do que proporcional entre fatores, a elasticidade de substituição entre outros custos e operações com máquinas é maior (2,7793). Quanto a sementes e outros custos e fertilizantes/corretivos e outros custos, a relação é de complementaridade, mas as elasticidades de substituição são menores do que um.

Os resultados anteriores comportam ainda uma racionalização adicional. O conceito de elasticidade, de Allen, é OOES (*One Factor One Price Elasticity of Substitution*), ou seja, um conceito que relaciona a variação no preço de fator com a respectiva variação na quantidade de outro fator apenas. O valor elevado para elasticidade direta de substituição parcial, de Allen, para máquinas (o valor correspondente a operações com máquinas na diagonal principal da Tabela 3), entretanto, sugere ser oportuno considerar a análise de um conceito menos restritivo de elasticidade de substituição, como é o caso da elasticidade de Morishima. Este conceito, por sua vez, é de uma elasticidade TOES (*Two Factors One Price Elasticity of Substitution*), ou seja, relaciona a variação nas quantidades relativas dos fatores i e j , com ambos se ajustando otimamente, quando o preço do fator j varia.

Os resultados calculados para as elasticidades de substituição, de Morishima, podem ser vistos na Tabela 4. Nesta tabela, os valores representam as elasticidades de substituição, de Morishima, do fator que se encontra na linha em relação ao fator da coluna, com variação do preço do fator da coluna. Assim, por exemplo, o valor que se encontra na célula da linha 1 e coluna 2 representa a elasticidade de substituição de mão-de-obra por operações com máquinas, quando o preço do fator operações com máquinas varia. Da mesma forma, o valor na linha 2 e na coluna 1 é a elasticidade de substituição de operações com máquinas em relação à mão-de-obra, quando o preço da mão-de-obra varia. Como se sabe, o conceito de Morishima não é simétrico, ao contrário do de Allen, como pode ser observado na Tabela 4.

Tabela 4 - Estimativa das elasticidades de substituição de Morishima, entre fatores para o algodão na DIRA de Campinas, Estado de São Paulo (1975 - 1998)

	Mão-de-obra	Op.Máquinas	Fertilizantes	Sementes	Outros Custos
Mão-de-obra		0,2445	0,3602	0,4059	1,6412
Op.Máquinas	-0,0460		0,4022	0,3772	1,9185
Fertilizantes	0,7184	0,6641		0,3947	0,8746
Sementes	0,8769	0,5643	0,3891		0,8215
Outros Custos	1,1210	0,9489	0,2177	0,3642	

Pode-se ver também que, além de os resultados serem diferentes em sua magnitude, há alteração importante na classificação da relação de substituição entre os fatores mão-de-obra e operações com máquinas. De acordo com a classificação de Allen, aqueles fatores de produção são complementares. Na classificação de Morishima, entretanto, os mesmos serão substitutos quando o preço que varia é o de operações com máquinas ($\sigma_{ij}^M = 0,2445$) e terão comportamento complementar apenas quando variar o preço do fator mão-de-obra ($\sigma_{ij}^M = -0,046$).

Assim, à medida que o preço de operações com máquinas aumenta, cai a utilização de mão-de-obra, indicando comportamento complementar. Entretanto, isso também provoca o declínio na utilização do fator operação com máquinas, dada a concavidade da função custo nos preços dos fatores, mas a uma taxa tal que faz com que a relação entre a utilização dos fatores mão-de-obra/operações com máquinas cresça, o que evidencia substituição. Este efeito conjunto não é captado pelo conceito de Allen, que, como visto anteriormente, considera apenas a variação na quantidade de um fator.

CONCLUSÕES

Este estudo estimou a função custo de produção do algodão para a DIRA de Campinas, Estado de São Paulo, utilizando-se o modelo translog, cujos resultados levaram à conclusão de que as despesas com mão-de-obra representam a maior parcela dos custos de produção. Além disso, as estimativas das elasticidades-preço direta indicaram que os fatores considerados têm demanda inelástica, sendo a demanda por mão-de-obra a mais sensível a variações no preço, possivelmente porque a tecnologia de produção adotada na DIRA, de Campinas, baseia-se na colheita manual do algodão.

As elasticidades-preço cruzadas revelaram que há complementaridade entre os fatores mão-de-obra e operações com máquinas e que a relação de substituição predomina entre os demais fatores produtivos. Em relação aos fatores mão-de-obra e operações com máquinas é possível afirmar que eles são complementares no processo produtivo do algodão, com base na significância dos valores obtidos. Contudo, como a maioria dos demais valores das elasticidades-preço cruzadas apresentou-se não significativa estatisticamente, a análise desses resultados foi bastante limitada.

As elasticidades de substituição parcial, de Allen, indicaram forte relação de complementaridade entre mão-de-obra e operações com máquinas. Contudo, entre os demais pares de fatores, é freqüente a relação de substituição. A magnitude e o nível de significância da elasticidade de substituição parcial, de Allen, entre mão-de-obra e operações com máquinas permitem concluir que a variação nos preços desses fatores afeta, sensivelmente, a composição dos custos de produção do algodão.

O cálculo das elasticidades de substituição, de Morishima, revelou substituição entre os fatores mão-de-obra e operações com máquinas, quando o preço de operações com máquinas varia, e complementariedade, quando varia o preço da mão-de-obra. Esse conceito é menos restritivo, pois relaciona a variação nas quantidades relativas desses fatores, com o ajuste ótimo de ambos para variações no preço de um deles. Por essa razão, pode-se concluir que, quando o preço de operações com máquinas aumenta, o fator mão-de-obra é menos intensamente utilizado, provocando

também queda na utilização de operações com máquinas. Contudo, essa queda ocorre a tal taxa, que eleva a relação de utilização mão-de-obra/ operações com máquinas, indicando substituição.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARBOSA, M.Z. Transformação do mercado brasileiro de algodão e a influência de políticas comerciais. **Informações Econômicas**, v.26, n.2, fev. 1996.
- BEATTIE, B.R., TAYLOR, C.R. **The economics of production**. New York: John Wiley & Sons, 1985, 258p.
- BISWANGER, H.P. A cost function approach to the measurement of elasticities of factor demand and elasticities of substitution. **The American Journal of Agricultural Economics**. v.56, n.2, p.377-86, may 1974.
- CASTRO JÚNIOR, L.G.; REIS, R.P.; VIEIRA, A.P.; REIS, A.J. Mudança tecnológica da cafeicultura mineira sob a ótica do mercado de fatores. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, Rio de Janeiro, v.26, n.3, p.443-455, dez. 1996.
- CHAMBERS, R. **Applied production analysis: a dual approach**. Cambridge University Press, 1988. 331p.
- DALTON, T.J.; MASTERS, W.A.; FOSTER, K.A. Production costs and input substitution in Zimbabwe's smallholder agriculture. **Agricultural Economics**, v.17, p. 201-209, 1997.
- DEBERTIN, D.L.; PAGOULATOS, A. Contemporary production theory, duality, elasticities of substitution, the translog production function and agricultural research. **Agricultural Economics Research Report**, University of Kentucky, v. 40, June 1985.

FERREIRA FILHO, J.B.S. **Mercado físico do algodão**. 1998, 13p. (Mimeografado).

KMENTA, J. **Elementos de econometria: teoria econométrica básica**. São Paulo: Atlas, 1990. 711p.

LERDA, J. Resultados básicos na teoria da dualidade: vantagens e alguns usos em microeconomia. **Estudo econômicos**, São Paulo, v.9, n.1, p.101-127, jan./abr. 1979.

PARRÉ, J.L.; FERREIRA FILHO, J.B.S. Estudo da tecnologia utilizada na produção de soja no Estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 36., Poços de Caldas, 1998. **Anais**. Brasília: SOBER, 1998. p.305-319.

RAY, S. A translog cost function analysis of U.S. agriculture, 1939-77. **American Journal of Agricultural Economics**, v.64, p. 490-498, Aug. 1982.

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.

SILBERBERG, E. **The structure of economics: a mathematical approach**. New York: W.W. Norton, 1993, 623p.

