

UM TESTE DE DADOS EM NÍVEL DE IMÓVEL RURAL DO LEVANTAMENTO OBJETIVO IEA/CATI PARA ESTUDOS DE ADOÇÃO DE TECNOLOGIA¹

José Roberto Vicente²
Stephen A. Vosti³

RESUMO

Dados do Estado de São Paulo, em nível de imóvel rural, do período 1970-73, foram usados para examinar a extensão da mudança tecnológica na agricultura e identificar políticas e outros fatores responsáveis pela existência ou não dessas mudanças. Modelos Probit e Tobit de adoção de fertilizantes/defensivos químicos e tração mecânica foram estimados para imóveis produtores de algodão, arroz, café e milho. Adoção de tecnologias e as áreas dedicadas a cada cultura estiveram positivamente correlacionadas. Imóveis com áreas totais maiores tiveram maior probabilidade de adotar e empregar mais intensivamente tração mecânica, mas menor probabilidade de aplicar fertilizantes em cobertura. Energia elétrica complementou o uso de outros tipos de tecnologias modernas. O acesso a crédito rural promoveu mudança tecnológica. Houve uma clara associação negativa entre a disponibilidade de trabalho residente e o uso de tração mecânica. Finalmente, variáveis binárias representativas de regiões, sugeriram diferenças nos tipos de tecnologias empregadas na agricultura e nas taxas de mudança tecnológica, com a região de Ribeirão Preto exibindo os maiores níveis de adoção de tecnologia e mudança técnica.

Palavras-chave: adoção de tecnologia, mudança técnica, Probit, Tobit.

A TEST OF THE IEA-CATI FARM-LEVEL OBJECTIVE SURVEY DATA FOR THE PURPOSES OF TECHNOLOGY ADOPTION STUDIES

SUMMARY

Farm-level data for the 1970-73 period from Sao Paulo State were used to examine the extent of technological change in agriculture and to identify either the policy and other factors responsible for such change, or its absence. Probit and Tobit models of the adoption of chemical fertilizers/pesticides and mechanical traction were estimated for cotton, rice, coffee and corn producing farms. Technology adoption and area dedicated to each crop were positively correlated. Farms with larger total acreage were much more likely to own and more intensively use mechanical traction, but were less likely to apply top dressing fertilizers. Electrical energy complemented the use of other types of modern technologies. Access to agricultural credit promoted technological change. There was a clear trade-off between on-farm labor availability and the use of mechanical traction. Finally, region-specific dummy variables suggested differences in the types of technologies employed in agriculture and in the rates of technological change, with the Ribeirão Preto region showing the highest levels of technology adoption and technical change.

Key-words: Technology adoption, technical change, Probit, Tobit.

1 - INTRODUÇÃO

Os levantamentos em nível de imóvel rural efetuados por amostragem pelo Instituto de Economia Agrícola (IEA) em conjunto com a Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI), contém um número enorme de informações, embora sua finalidade precípua seja a de fornecer dados sobre áreas e produções de culturas, para previsões e estimativas das sa-

fras do Estado de São Paulo. As informações referentes à demografia e mão-de-obra também vêm sendo sistematicamente utilizadas, enquanto as demais costumam ser empregadas em projetos específicos de pesquisa.

Entretanto, mesmo nesse último caso, os dados são geralmente empregados após serem expandidos para representar as Divisões Regionais Agrícolas (DIRAs) ou o Estado. Tentativas de análise toman-

do as informações em nível de imóvel rural, esbarra-ram em limitações dos mesmos ou foram conduzidas inadequadamente. Testes da qualidade dos dados, quando efetuados, não foram precedidos de depuração sistemática e deixaram dúvidas quanto a utilidade das séries para estudos que necessitam de tal desagregação⁴.

A importância dessa base de dados é difícil de ser superestimada: mais de duas décadas de levantamentos, efetuados cinco vezes por ano, baseados em amostras probabilísticas⁵. Além da raridade de tais séries em países em desenvolvimento, o período em questão cobre significativas alterações ocorridas na agricultura paulista e brasileira, fazendo com que esses dados possam, potencialmente, contribuir para um sem-número de estudos. Parece, portanto, fundamental verificar se essas informações são ou não adequadas para estudos em nível de imóvel rural. Tal tentativa está particularmente facilitada devido à conclusão recente de recuperação e depuração de dados do período 1970-74, efetuadas pelo IEA.

O objetivo do presente trabalho foi o de testar a qualidade dos dados em nível de imóvel rural dos levantamentos objetivos IEA/CATI, para fins de análise do processo de transformação da agricultura paulista. Mais especificamente, procurou-se verificar se a adoção de tecnologia moderna (*proxy* para modernização) pode ser modelada empregando essa base de dados. Para tanto, foram empregados os levantamentos efetuados de setembro de 1970 a novembro de 1973 e os questionários referentes a imóveis produtores de algodão, arroz, milho e café, que eram as culturas, dentre as presentes na amostra, com maior número de produtores.

2 - METODOLOGIA

Inicialmente procurou-se separar questionários com todas as variáveis previamente selecionadas para serem inseridas nos modelos, a maioria das quais anteriormente utilizadas por VOSTI & VICENTE (1989). Naquele trabalho, entretanto, para que um imóvel fosse incluído na análise foi exigido que todos os questionários de setembro de um ano até novembro do ano subsequente houvessem sido respondidos. No

presente estudo, o critério foi menos rigoroso: bastou, para que um imóvel fosse considerado, que todos os questionários com as variáveis necessárias para introdução nos modelos existissem⁶.

As variáveis explicativas empregadas foram:

Acrop - área cultivada com a cultura em análise (alqueires);

Schdist - distância à escola mais próxima (quilômetros);

Popfarm - número de residentes no imóvel ou, alternativamente, número médio de residentes no imóvel que efetivamente trabalharam nas semanas dos levantamentos;

Afarm - área total do imóvel (alqueires);

Fuelexp - valor de combustíveis e lubrificantes consumidos no ano (cruzeiros), ou, alternativamente, litros consumidos no ano;

Pastimp - valor de instalações e benfeitorias construídas no último ano (cruzeiros);

Credit - montante de crédito rural obtido no ano (cruzeiros);

Electric - número total de quilovolt-ampère (KVAs) instalados ou, alternativamente, *dummy* representativa da existência de energia elétrica;

Litrate - percentual de alfabetizados na população residente no imóvel;

Croprop - percentual da área total do imóvel com culturas anuais e perenes;

Youngplt - proporção de pés de café com menos de três anos em relação ao total de pés de café;

Nonres - número médio de trabalhadores não residentes no imóvel nas semanas dos levantamentos;

Cultpr - percentual da área total do imóvel cultivada com a cultura em análise; e,

D2 a D9 - *dummies* representativas das DI-RAs dois a nove⁷.

Como variáveis dependentes, representando a adoção de tecnologias modernas, foram utilizados adubação no sulco, adubação em cobertura, tratores e uso de defensivos.

Foram definidos, inicialmente, modelos em que a variável dependente assumiu valores discretos. A forma mais simples desses modelos é exatamente a aqui utilizada, em que a variável dependente é binária. Então, os questionários de cada ano agrícola e cada cultura foram divididos em dois grupos: adota ($y=1$)

ou não adota ($y=0$) adubação no sulco, idem para adubação em cobertura, mecanização e defensivos.

A especificação empregada foi a de modelos *probit* (AMEMIYA, 1981; MADDALA, 1983; BEN-AKIVA & LERMAN, 1985), assumindo-se que existe uma variável de resposta subjacente z_i , definida pela relação de regressão⁸:

$$z_i = \beta' x_i + \mu_i \quad (1)$$

Na prática z_i é inobservável; o que se observa é uma variável *dummy* y , definida como:

$$y = 1 \text{ se } z_i > 0 \text{ caso contrario, } y = 0 \quad (2)$$

De (1) e (2), temos:

$$Prob(z_i = 1) = Prob(\mu_i > -\beta' x_i) = 1 - F(-\beta' x_i) \quad (3)$$

onde F é a função distribuição cumulativa para μ .

Nesse caso, os valores observados de y são realizações de um processo binomial com probabilidade dada por (3) e variando observação a observação (dependendo de x_i). Então, a função verossimilhança é:

$$L = \prod_{y_i=0} F(-\beta' x_i) \prod_{y_i=1} [1 - F(-\beta' x_i)] \quad (4)$$

A forma funcional de F depende das pressuposições feitas sobre μ_i em (1). No caso de modelos *probit*⁹, assumimos que $\mu_i \sim \text{IN}(0, \sigma^2)$, portanto:

$$F(-\beta' x_i) = \int_{-\infty}^{\frac{-\beta' x_i}{\sigma}} \frac{1}{(2\pi)^{1/2}} \exp\left(-\frac{t^2}{2}\right) dt \quad (5)$$

A forma geral para algodão, arroz e milho ficou sendo:

$y = (\text{Acrop, Schdist, Popfarm, Popfarm}^2, \text{Afarm, Fuel-exp, Pastimp, Credit, Eletric, Litrato, Cropprop, Non-res, Cultpr, D2...D9})$

Para o café, em substituição à variável *Cultpr*, foi considerada a proporção de pés novos (*Youngplt*).

Esse tipo de modelo, apesar de permitir

inferências sobre as variáveis que afetam a adoção de tecnologia, nada diz sobre a intensidade dessa adoção.

Para complementar a análise, foram também especificados modelos do tipo *tobit*, ou de variáveis dependentes limitadas (MADDALA, 1983; AMEMIYA, 1984), que têm como característica o fato da variável dependente assumir valor zero em diversas observações, o que destrói a pressuposição de normalidade e torna o método de mínimos quadrados inapropriado. O modelo é conhecido como truncado quando todas as observações fora de determinada faixa estão completamente perdidas, e como censurado se ao menos as variáveis exógenas são observáveis; esse último caso é mais freqüentemente chamado de *tobit*, por sua semelhança com o proposto por Tobin em 1958.

AMEMIYA (1984) define como o modelo *tobit* mais usual (ou *tobit* Tipo 1) o seguinte:

$$z = x_i \beta + \mu_i, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (6)$$

$$y_i = z_i \text{ se } z_i > 0 \text{ e, } y_i = 0 \text{ se } z_i \leq 0, \quad (7)$$

onde $\mu_i \sim \text{IN}(0, \sigma^2)$. Assume-se que y_i e x_i são observáveis para $i=1, 2, \dots, n$, mas que z_i não é observável se for menor ou igual a zero. Sendo X a matriz $n \times k$, cuja i -ésima linha é x_i' , assume-se também que

$$\lim_{n \rightarrow \infty} n^{-1} X'X \quad (8)$$

é definido positivo.

Pode-se considerar que z_i seja maior do que uma constante qualquer para ser observável, sem alterar essencialmente o modelo, já que esse valor pode ser representado no intercepto dos modelos de regressão.

A função verossimilhança do modelo definido em (6) e (7) é dada por:

$$L = \prod_0 [1 - \Phi(x_i \beta / \sigma)] \prod_1 \sigma^{-1} \phi[(y_i - x_i \beta) / \sigma] \quad (9)$$

onde Φ e ϕ são, respectivamente, as funções distribuição e densidade da variável normal padronizada¹⁰.

As formas gerais dos modelos *tobit* foram iguais às descritas para os *probit*, exceto as variáveis dependentes, que foram a quantidade utilizada de adubo no sulco, em cobertura (ambas em quilos por alqueire), o número e a potência (em hp) totais dos tratores existentes no imóvel rural.

Na estimação dos modelos foi utilizado o método iterativo de Newton-Raphson (JUDGE et al., 1988; GREENE, 1989).

A amostra utilizada pelo IEA é duplamente estratificada, por DIRA e por tamanho de imóvel. Trata-se de amostra conciliatória obtida a partir do dimensionamento e alocação pela partilha de Neyman (COCHRAN, 1977), de amostras para os principais produtos cultivados em São Paulo; não é, portanto, equiprobabilística¹¹. Entretanto, em relação ao presente estudo, essas estratificações são exógenas, isto é, não foram efetuadas com base na adoção de tecnologia ou na intensidade de uso de fatores modernos. Por isso, segundo MADDALA (1983) não há necessidade de utilizar métodos de estimação distintos dos usuais, procurando incorporar alguma ponderação¹².

3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todos os modelos foram estimados com os dados na forma original e transformados por logaritmos. Os modelos explicativos da mecanização foram reestimados com as medidas alternativas das variáveis Popfarm, Fuelexp e Eletric, descritas no item anterior. Portanto, quando não aconteceram problemas de impossibilidade de estimação que foram assinalados no texto, para algodão, arroz e milho, especificaram-se doze modelos *probit* (quatro em cada ano agrícola) e 16 modelos *tobit* (doze para o número total e 4 para a potência total de tratores) para mecanização, seis *probit* e seis *tobit* (dois em cada ano agrícola) para adubação no sulco e para adubação em cobertura e, seis modelos *probit* para uso de defensivos. Para o café, os modelos foram estimados apenas com dados do ano agrícola 1972/73, utilizando-se as medidas alternativas das variáveis Popfarm, Fuelexp e Eletric também para adubação no sulco e em cobertura e para potência total de tratores; ajustaram-se, portanto, quatro modelos

probit e quatro *tobit* para essas variáveis dependentes e dois *probit* para defensivos.

Como o objetivo do trabalho era verificar a qualidade dos dados, não se considerou adequado apresentar apenas a especificação que forneceu os melhores resultados para cada produto ou ano. Por outro lado, discutir todos os modelos seria demasiado enfadonho e repetitivo, o que levou a optar por resumir os resultados, indicando a significância e os sinais das variáveis para cada produto e a amplitude de variação de indicadores da qualidade das equações.

3.1 - Algodão

O algodão já no início da década de 70 era classificado como cultura moderna (ARAÚJO et al., 1974), sendo dentre as aqui analisadas a que apresentou percentuais mais elevados de adoção de tecnologias mecânica e químicas. Da amostra do ano agrícola 1970/71¹³, foram aproveitados 176 questionários referentes a imóveis produtores de algodão; de 1971/72, 217 e, de 1972/73 210 questionários. Os imóveis que declararam utilizar algum tipo de tração mecânica foram: 85,2% em 1970/71; 86,6% em 1971/72; e, em 1972/73, 84,3%. Adubação de base (no plantio) foi praticada em 55,7% dos imóveis em 1970/71, 58,1% em 1971/72 e 51,9% em 1972/73; enquanto menos produtores aplicavam adubos em cobertura: 38,6% em 1970/71, 43,8% em 1971/72 e 36,7% em 1972/73. Tratando-se de cultura que era atacada por diversas pragas, a maioria dos produtores declarou utilizar defensivos: 67,6% em 1970/71, 78,85% em 1971/72 e 74,8% em 1972/73.

Nos modelos *probit* para o uso de tração mecânica, os valores de χ^2 foram todos significativos a 1%, levando sempre à rejeição da hipótese de que todos os parâmetros, exceto o da constante (One), seriam iguais a zero¹⁴ (Tabela 1). Os valores de ρ^2 , uma medida análoga ao R^2 em modelos de regressão¹⁵, entre 0,53 e 0,75, indicam haver uma considerável variação entre as especificações dessa equação, quer seja com respeito à transformação nos dados, medidas alternativas de algumas variáveis ou dados de distintos anos agrícolas. O máximo do logaritmo da verossimilhança, $\mathcal{L}(\beta)$ aponta essa mesma variabilidade das especificações alternativas da

TABELA 1 - Resultados da Análise de Probit para os Determinantes da Adoção de Tecnologia na Cultura de Algodão, Estado de São Paulo, 1970-73

Variável	Tração mecânica				Adubação de base				Adubação de cobertura				Defensivo			
	Equa- ção (n.)	Coeficiente			Equa- ção (n.)	Coeficiente			Equa- ção (n.)	Coeficiente			Equa- ção (n.)	Coeficiente		
		(-)	(+)	zero		(-)	(+)	zero		(-)	(+)	zero		(-)	(+)	zero
One	12	0	17	83	6	17	33	50	6	50	0	50	6	0	17	83
Acrop	12	0	67	33	6	0	50	50	6	0	33	67	6	0	17	83
Schdist	12	42	0	58	6	0	0	100	6	0	0	100	6	0	17	83
Popfarm	12	0	8	92	6	17	17	67	6	0	17	83	6	0	0	100
Popfarm2	12	33	0	67	6	17	17	67	6	17	0	83	6	0	0	100
Afarm	12	0	50	50	6	50	0	50	6	33	0	67	6	0	0	100
Fuelexp	12	0	50	50	6	0	50	50	6	0	17	83	6	0	0	100
Pastimp	12	0	8	92	6	0	17	83	6	0	17	83	6	0	17	83
Credit	12	0	33	67	6	0	33	67	6	0	33	67	6	0	17	83
Eletric	12	0	8	92	6	0	0	100	6	0	17	83	6	0	17	83
Lirate	12	0	0	100	6	0	0	100	6	17	0	83	6	0	0	100
Cropprop	12	0	25	75	6	0	0	100	6	0	0	100	6	0	0	100
Nonres	12	0	8	92	6	0	17	83	6	0	33	67	6	0	0	100
Cultprop	12	42	0	58	6	17	0	83	6	17	0	83	6	0	50	50
D2	12	0	0	100	6	0	100	0	6	0	17	83	6	0	0	100
D3	12	0	0	100	6	0	100	0	6	0	100	0	6	0	0	100
D4	0	...	...	...	0	...	...	...	0	...	...	...	0	...	...	...
D5	12	0	17	83	6	0	17	83	6	0	67	33	6	33	0	67
D6	12	0	8	92	6	0	100	0	6	0	100	0	6	0	0	100
D7	12	0	0	100	6	0	0	100	6	0	17	83	6	33	0	67
D8	12	0	0	100	6	0	67	33	6	0	100	0	6	33	0	67
D9	0	...	...	...	0	...	...	...	0	...	...	...	0	...	...	...
Indicador da qualidade dos ajustes		Mínimo	Máximo		Máximo	Mínimo		Mínimo	Máximo	Mínimo		Mínimo	Máximo	Mínimo		Mínimo
R ²⁽¹⁾		0,16	0,33		0,28	0,43		0,16	0,33		0,28		0,28		0,43	
% Certa																
Total		85	92		77	81		76	85		66		80			
Maior grupo		94	98		75	85		86	89		90		99			
Menor grupo		18	69		75	83		60	79		7		32			
$\mathcal{L}(\beta)$		-69	-31		-111	-75		-108	-58		-101		-97			
$\chi^2_{(2)}$		45a	87a		73a	93a		82a	118a		22		43a			
ρ^2		0,53	0,75		0,26	0,39		0,28	0,52		0,33		0,33			

¹Dos modelos ajustados por mínimos quadrados ordinários.L

²Nível de significância: a=1%.

Fonte: Elaborada a partir de dados básicos do Instituto de Economia Agrícola

equação¹⁶. A medida conhecida como % Certa também é comumente empregada para aferir a qualidade dos ajustes; entretanto, como alertam BEN-AKIVA & LERMAN (1985), pode mascarar ajustamentos inadequados. De fato, no caso presente, embora os percentuais de % Certa do total e do maior grupo (que emprega tração mecânica) sejam sempre muito elevados, os associados ao menor grupo nem sempre foram bons.

Nos modelos para adoção de tração mecânica no algodão, a constante não diferiu de zero na quase totalidade dos casos (83%). Das variáveis explicativas selecionadas, estiveram positiva e significativamente associadas ao uso de mecanização, em ao menos um terço dos modelos, a área cultivada com algodão, a área total do imóvel, as despesas com combustíveis e lubrificantes e o acesso a crédito rural. Com coeficientes negativos¹⁷ apareceram a distância à escola mais próxima, o quadrado da população residente no imóvel e o percentual da área do imóvel ocupado com algodão. As variáveis *dummies* representativas das DIRAs, indicam não haver diferenças na adoção de mecanização entre a DIRA de Araçatuba e as demais.

O uso de adubação de base (no plantio) na cultura do algodão, exibiu correlação positiva com a área dessa cultura, o acesso a crédito rural e os gastos em combustíveis e lubrificantes. A área total do imóvel, representativa do fator terra (substituto de fertilizantes), apareceu com sinal negativo, como esperado, em 50% das equações. As duas variáveis representativas da população residente apareceram nos modelos com sinais trocados (quando uma era positiva, a outra apresentou sinal negativo). As *dummies* das DIRAs de Bauru (D2), Campinas (D3), Ribeirão Preto (D6) e Sorocaba (D8) apareceram com sinais positivos, indicando diferenças significativas na adoção desse tipo de adubação relativamente à DIRA de Araçatuba.

Das técnicas modernas analisadas, adubação em cobertura era, como já foi mencionado, a menos empregada por esses produtores. Seu uso apareceu associado à área cultivada com algodão, ao acesso a crédito rural e ao número de trabalhadores não residentes no imóvel rural. A área total do imóvel, como na adubação de base, apresentou coeficientes negativos. Os produtores das DIRAs de Campinas, Presidente Prudente, Ribeirão Preto e Sorocaba tenderam a utilizar

mais essa técnica do que os da DIRA de Araçatuba.

Os resultados referentes ao uso de defensivos foram inferiores aos demais, resultando inclusive, em alguns valores de t^2 não significativos. Apenas o percentual de área cultivada com algodão, apareceu influenciando positivamente a variável dependente em ao menos um terço dos modelos, enquanto que o sinal negativo das *dummies* de Presidente Prudente, São José do Rio Preto e Sorocaba indicaria menor propensão desses produtores à utilização de defensivos, em relação aos da DIRA de Araçatuba, no ano agrícola 1972/73.

Também os modelos tipo *tobit*¹⁸ utilizando dados de imóveis produtores de algodão, levaram a valores máximos do logaritmo da verossimilhança bastante diferentes nos anos testados (Tabela 2). O número de tratores apareceu positiva e significativamente associado, em pelo menos um terço dos modelos ajustados, à área total do imóvel, às despesas com combustíveis e lubrificantes, a investimentos efetuados no último ano, ao acesso a crédito rural, ao uso de energia elétrica, ao percentual das terras do imóvel cultivado com culturas anuais e perenes e ao número de trabalhadores não residentes no imóvel. A população residente, quando teve coeficiente positivo, seu valor elevado ao quadrado apareceu como negativo, indicando que, após um máximo, o número de pessoas estaria negativamente relacionado à intensidade de mecanização. As variáveis *dummies* representativas de Bauru e São José do Rio Preto apresentaram-se negativas, e a de Ribeirão Preto positiva.

Quando a variável dependente foi a potência total dos tratores existentes nos imóveis rurais, obtiveram-se os mesmos resultados.

A intensidade do uso de adubação de base em algodão apareceu positivamente associada a despesas com combustíveis e lubrificantes, a investimentos no último ano, ao uso de crédito rural e ao número de trabalhadores não residentes nos imóveis. Como nos modelos *probit*, também aqui a quantidade de adubos utilizada por alqueire foi negativamente relacionada à área total dos imóveis. As DIRAs de Bauru, Campinas, Ribeirão Preto e Sorocaba apresentaram coeficientes positivos e, a de São José do Rio Preto, negativo. A intensidade de adubação em cobertura esteve positivamente relacionada apenas à área cultivada com algodão, ao acesso a crédito rural

TABELA 2 - Resultados da Análise de Tobit para os Determinantes da Adoção de Tecnologia na Cultura de Algodão, Estado de São Paulo, 1970-73

Variável	Número de tratores			Adubação de base (kg/alq.)			Adubação de cobertura (kg/alq.)			Trator (total de hp)						
	Equa- ção (n.)	Coeficiente			Equa- ção (n.)	Coeficiente			Equa- ção (n.)	Coeficiente			Equa- ção (n.)	Coeficiente		
		(-)	(+)	zero		(-)	(+)	zero		(-)	(+)	zero		(-)	(+)	zero
One	12	50	0	50	6	33	17	50	6	33	17	50	6	67	0	33
Acrop	12	0	17	83	6	0	17	83	6	0	33	67	6	17	17	67
Schdist	12	0	0	100	6	0	0	100	6	0	0	100	6	0	0	100
Popfarm	12	0	33	67	6	0	0	100	6	0	17	83	6	17	50	33
Popfarm2	12	33	8	58	6	0	0	100	6	17	0	83	6	50	17	33
Afarm	12	8	58	33	6	33	0	67	6	17	17	67	6	0	67	33
Fuelexp	12	0	100	0	6	0	33	67	6	0	0	100	6	0	100	0
Pastimp	12	0	42	58	6	0	50	50	6	0	17	83	6	0	50	50
Credit	12	0	50	50	6	0	33	67	6	0	33	67	6	0	67	33
Eletric	12	0	42	58	6	0	17	83	6	0	17	83	6	0	33	67
Lirate	12	0	0	100	6	0	17	83	6	0	0	100	6	0	0	100
Cropprop	12	0	75	25	6	0	0	100	6	0	0	100	6	0	67	33
Nonres	12	0	42	58	6	0	33	67	6	0	17	83	6	0	33	67
Cultprop	12	17	8	75	6	0	0	100	6	17	0	83	6	0	17	83
D2	12	33	0	67	6	0	100	0	6	0	67	33	6	50	0	50
D3	12	8	0	92	6	0	100	0	6	0	100	0	6	17	0	83
D4	0	...	...	...	0	...	...	...	0	...	...	...	0	...	...	...
D5	12	33	17	50	6	33	17	50	6	0	67	33	6	17	33	50
D6	12	0	42	58	6	0	50	50	6	0	100	0	6	0	33	67
D7	12	58	0	42	6	50	0	50	6	0	0	100	6	50	0	50
D8	12	0	0	100	6	0	100	0	6	0	83	17	6	0	0	100
D9	0	...	...	...	0	...	...	...	0	...	...	...	0	...	...	...
Indicador da qualidade dos ajustes		Mínimo	Máximo		Mínimo	Máximo			Mínimo	Máximo			Mínimo	Máximo		
R ²⁽¹⁾		0,26	0,74		0,33	0,46			0,17	0,51			0,31	0,74		
ℒ		-321	-74		-1.042	-200			-738	-156			-713	-171		

¹Dos modelos ajustados por mínimos quadrados ordinários.

Fonte: Elaborada a partir de dados básicos do Instituto de Economia Agrícola.

e às *dummies* de Bauru, Campinas, Presidente Prudente e Sorocaba.

Esses resultados são melhores que os obtidos por VOSTI & VICENTE (1989), uma vez que as inconsistências nos sinais dos parâmetros de despesas com combustíveis e lubrificantes e de acesso a crédito rural desapareceram dos modelos *tobit* de mecanização e os resultados para o uso de fertilizantes apresentaram coeficientes significativos. É provável que a introdução das variáveis *dummies* tenha melhorado a especificação dos modelos.

3.2 - Arroz

O arroz era considerado à época cultura tradicional (ARAÚJO et al., 1974), utilizando menos tecnologias ditas modernas. No ano agrícola 1970/71, dos 681 questionários selecionados para estimação dos modelos, 62,6% declararam empregar algum tipo de mecanização, 23,6% utilizaram adubação de base, 4,7% adubação em cobertura e apenas 0,9% aplicou defensivos no arroz. Em 1971/72, 753 questionários responderam aos itens necessários para este estudo, 64,4% dos quais utilizavam tração mecânica, 27% adubação de base, 7,6% adubação em cobertura e 0,8% aplicou defensivos. O maior conjunto de questionários utilizáveis foi o de 1972/73 (793), 68,3% deles declarando usar tração mecânica, 27,1% adubação de base, 6,7% adubação em cobertura e 0,8% aplicando defensivos.

As únicas equações a apresentarem valores de χ^2 não significativos foram algumas para uso de defensivos. Os valores de χ^2 e de $\hat{\eta}^2$ variaram, via de regra, proporcionalmente menos do que para o algodão. As % Certas foram elevadas para os totais e os maiores grupos; todavia, os menores grupos chegaram a não ter nenhum de seus elementos corretamente classificados pelos modelos de uso de adubação em cobertura e de uso de defensivos (Tabela 3).

A adoção de força mecânica esteve positivamente associada à área cultivada com arroz, às despesas com combustíveis e lubrificantes, ao acesso a crédito rural, à existência de energia elétrica e ao percentual de área efetivamente cultivada. Coeficientes negativos foram obtidos para a população residente e para o percentual da área cultivada com arroz. A área total do imóvel apresentou comportamento mais instá-

vel: negativa em 33% dos modelos, positiva em 17%, e não significativa em 50%. As *dummies* das DIRAs de Bauru, Presidente Prudente e Sorocaba exibiram sinais negativos e a de Ribeirão Preto, positivos.

Para o uso de adubos no plantio as variáveis positivamente associadas foram a área plantada com arroz, a população residente elevada ao quadrado, as despesas com combustíveis, o acesso a crédito rural e a energia elétrica, os percentuais de residentes alfabetizados, de área cultivada e de área cultivada com arroz e, inesperadamente, a distância à escola mais próxima. As DIRAs de Campinas e Ribeirão Preto apresentaram coeficientes sempre positivos e, Bauru e São José do Rio Preto, às vezes negativos.

Adubos em cobertura, como já assinalado, eram aplicados em menos de 10% dos imóveis produtores de arroz. As variáveis positivamente relacionadas a seu uso foram o acesso a crédito rural, a energia elétrica e o percentual de área cultivada. Distância à escola, ao contrário dos modelos para tração mecânica, influenciou negativamente a adoção da técnica, como esperado. As DIRAs de Campinas e Ribeirão Preto tiveram *dummies* com sinais positivos e a de Bauru sinais negativos.

Defensivos eram empregados apenas por 1% dos produtores de arroz; é provável que esse tenha sido o motivo dos maus resultados dos modelos para essa técnica, onde apenas a variável existência de energia elétrica apresentou coeficiente significativo (positivo) em mais de um terço das equações¹⁹.

Parte dos modelos *probit* descritos apresentou resultados melhores que os ajustados por VOSTI & VICENTE (1989), o que pode ser explicado pelo número maior de observações aqui consideradas e pelo uso de *dummies* representativas das DIRAs.

Nos modelos tipo *tobit* para o número e a potência total dos tratores, apenas a variável distância à escola não foi estatisticamente significativa ao menos um terço das equações²⁰. As variáveis população residente ao quadrado e o percentual da área cultivada com arroz foram as únicas com coeficientes negativos. As DIRAs de Bauru e Prudente apareceram com sinais negativos e Campinas e Ribeirão Preto com sinais positivos (Tabela 4).

A intensidade de adubação de base não se apresentou positivamente associada apenas à popu-

TABELA 3 - Resultados da Análise de Probit para os Determinantes da Adoção de Tecnologia na Cultura de Arroz, Estado de São Paulo, 1970-73

Variável	Tração mecânica				Adubação de base				Adubação de cobertura				Defensivo												
	Equa- ção (n.)	Coeficiente			Equa- ção (n.)	Coeficiente			Equa- ção (n.)	Coeficiente			Equa- ção (n.)	Coeficiente											
		(-)	(+)	zero		(-)	(+)	zero		(-)	(+)	zero		(-)	(+)	zero									
One	12	33	0	67	6	67	0	33	6	33	0	67	5	20	0	80									
Acrop	12	0	83	17	6	0	50	50	6	0	17	83	5	0	0	100									
Schdist	12	17	17	67	6	0	33	67	6	50	0	50	5	0	0	100									
Popfarm	12	58	0	42	6	17	0	83	6	17	0	83	5	0	20	80									
Popfarm2	12	17	8	75	6	0	33	67	6	0	17	83	5	0	0	100									
Afarm	12	33	17	50	6	0	0	100	6	0	0	100	5	0	0	100									
Fueexp	12	0	83	17	6	0	67	33	6	0	0	100	5	0	0	100									
Pastimp	12	0	17	83	6	0	0	100	6	0	0	100	5	0	0	100									
Credit	12	0	50	50	6	0	33	67	6	0	33	67	5	0	0	100									
Eletric	12	0	92	8	6	0	67	33	6	0	33	67	5	0	40	60									
Litrata	12	0	17	83	6	0	50	50	6	17	0	83	5	20	0	80									
Cropprop	12	0	58	42	6	0	33	67	6	0	50	50	5	20	0	80									
Nonres	12	0	17	83	6	0	17	83	6	0	0	100	5	0	20	80									
Cultprop	12	33	8	58	6	0	33	67	6	0	0	100	5	0	0	100									
D2	12	50	0	50	6	33	0	67	6	33	0	67	5	0	0	100									
D3	12	25	0	75	6	0	100	0	6	0	33	67	5	0	0	100									
D4	4	0	0	100	2	0	0	100	2	0	0	100	2	0	0	100									
D5	12	58	0	42	6	0	0	100	6	0	0	100	5	0	20	80									
D6	12	0	92	8	6	0	100	0	6	0	33	67	5	20	0	80									
D7	12	8	0	92	6	33	0	67	6	0	0	100	5	0	0	100									
D8	12	92	0	8	6	0	0	100	6	17	0	83	5	0	0	100									
D9	4	0	0	100	2	0	0	100	2	0	0	100	2	0	0	100									
Indicador da qualidade dos ajustes		Mínimo			Máximo			Mínimo			Máximo			Mínimo			Máximo								
R ²⁽¹⁾		0,23			0,36			0,20			0,29			0,05			0,07			0,02			0,13		
% Certa																									
Total		75			81			76			81			92			95			99			99		
Maior grupo		83			92			89			92			100			100			100			100		
Menor grupo		56			72			38			61			0			2			0			33		
$\mathcal{L}(\beta)$		-373			-304			-382			-284			-175			-108			-29			-14		
$\chi^2(2)$		235a			330a			163a			221a			39a			55a			13			41a		
ρ^2		0,29			0,36			0,31			0,37			0,68			0,77			0,95			0,97		

¹Dos modelos ajustados por mínimos quadrados ordinários.

²Nível de significância: a=1%.

Fonte: Elaborada a partir de dados básicos do Instituto de Economia Agrícola.

TABELA 4 - Resultados da Análise de Tobit para os Determinantes da Adoção de Tecnologia na Cultura de Arroz, Estado de São Paulo, 1970-73

Variável	Número de tratores				Adubação de base (kg/alq.)				Trator (total de hp)			
	Equação (n.)	Coeficiente			Equação (n.)	Coeficiente			Equação (n.)	Coeficiente		
		(-)	(+)	zero		(-)	(+)	zero		(-)	(+)	zero
One	12	92	0	8	6	67	0	33	6	100	0	0
Acrop	12	0	50	50	6	0	33	67	6	0	67	33
Schdist	12	0	0	100	6	0	33	67	6	0	0	100
Popfarm	12	0	50	50	6	0	0	100	6	0	50	50
Popfarm2	12	25	0	75	6	0	0	100	6	50	0	50
Afarm	12	17	83	0	6	0	33	67	6	17	83	0
Fuelexp	12	0	100	0	6	0	50	50	6	0	100	0
Pastimp	12	0	33	67	6	0	0	100	6	0	33	67
Credit	12	0	83	17	6	0	33	67	6	0	83	17
Eletric	12	0	83	17	6	0	50	50	6	0	67	33
Lirate	12	8	33	58	6	0	50	50	6	0	0	100
Cropprop	12	0	67	33	6	0	33	67	6	0	100	0
Nonres	12	0	50	50	6	0	33	67	6	0	67	33
Cultprop	12	42	0	58	6	0	33	67	6	50	0	50
D2	12	33	0	67	6	33	0	67	6	33	0	67
D3	12	0	33	67	6	0	100	0	6	0	33	67
D4	4	0	0	100	2	0	0	100	2	0	0	100
D5	12	33	0	67	6	33	0	67	6	33	0	67
D6	12	0	33	67	6	0	67	33	6	0	33	67
D7	12	17	0	83	6	67	0	33	6	17	0	83
D8	12	0	0	100	6	0	0	100	6	17	0	83
D9	4	0	0	100	2	0	0	100	2	0	0	100
Indicador da qualidade dos ajustes				Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	
R ²⁽¹⁾				0,30	0,56	0,15	0,27	0,32	0,55			
\mathcal{L}				-946	-202	-1.962	-520	-2.203	-400			

¹Dos modelos ajustados por mínimos quadrados ordinários.

Fonte: Elaborada a partir de dados básicos do Instituto de Economia Agrícola.

lação residente no imóvel e aos investimentos no último ano. Mesmo o coeficiente da distância à escola mais próxima foi, em algumas equações, positivo. As DIRAs de Bauru, Presidente Prudente e São José do Rio Preto tiveram sinais negativos e as de Campinas e Ribeirão Preto, positivos.

A ocorrência de Hessianos singulares, durante as estimações, impediram a obtenção dos coeficientes para a intensidade de uso de adubos em cobertura.

3.3 - Milho

Para o milho, cultura então classificada como em transição (entre tradicional e moderna, ARAÚJO et al., 1974), foi possível aproveitar 848 questionários de 1970/71, 934 de 1971/72 e 995 de 1972/73. Corroborando a classificação acima citada, os percentuais de adoção de tecnologia moderna, para essa cultura, ficaram em posição intermediária em relação ao arroz e ao algodão. Os imóveis que empregaram algum tipo de tração mecânica foram 68,8% em 1970/71, 67,9% em 1971/72 e 71,3% em 1972/73. Adubação de base foi utilizada em 38,1 dos imóveis em 1970/71, 39,9% em 1971/72 e 39,5% em 1972/73. Adubos em cobertura foram aplicados em 19,2% dos imóveis em 1970/71, 19,9% em 1971/72 e em 24% em 1972/73. Defensivos, a exemplo do arroz, praticamente não eram empregados: 1,2% em 1970/71, 1,6% em 1971/72 e 1,7% em 1972/73.

Os valores obtidos de χ^2 , Δ e $\hat{\eta}^2$ nos modelos *probit* para o milho, em geral foram os melhores e de menor variabilidade entre as culturas anuais testadas. Os resultados da classificação através dos modelos (% Certa) foram muito ruins para o menor grupo (adotantes) das equações de uso de defensivos (Tabela 5).

Nos modelos de tração mecânica, apenas a distância à escola e o percentual de alfabetizados não forneceram coeficientes significativos em ao menos um terço dos ajustes efetuados. O percentual da área plantado com milho teve comportamento ambíguo (às vezes positivo, às vezes negativo e às vezes não significativo). Entre as DIRAs, apenas Campinas e São José do Rio Preto não diferiram de Araçatuba; Ribeirão Preto teve sinais positivos e as demais negativos.

Para adubação de base, os investimentos no último ano, o percentual de alfabetizados e o número

de trabalhadores não residentes, não apresentaram efeitos significativos. Sinais significativos e contrários em anos distintos apareceram para a área do imóvel e a população residente elevada ao quadrado. Os produtores das DIRAs de Campinas, Ribeirão Preto e em menor escala, os de Bauru, Sorocaba e Vale do Paraíba, aparentaram ser mais receptivos a essa prática do que os da DIRA de Araçatuba.

Adubos em cobertura eram aplicados por cerca de um quinto dos produtores, e positivamente associados à área plantada com milho, à existência de energia elétrica no imóvel e ao número de trabalhadores não residentes. Com efeito negativo apareceram a distância à escola e a população residente. As DIRAs de Campinas, Ribeirão Preto e São José do Rio Preto aparentavam empregar mais esse tipo de técnica comparativamente à região de Araçatuba.

Defensivos, a exemplo do arroz, praticamente não eram utilizados na cultura do milho. As únicas variáveis com coeficientes por vezes significativos foram a distância à escola (negativo) e os percentuais de área cultivada total e com milho (positivos). Não houve qualquer *dummy* representativa de DIRA significativa.

Os resultados dos modelos *tobit* para intensidade de mecanização foram, no que se refere à significância das variáveis, similares aos de *probit*. Com relação às DIRAs, as equações de potência total dos tratores, estiveram mais próximas às obtidas nos *probit*. Para o número de tratores, apenas Bauru e Presidente Prudente diferiram de Araçatuba (coeficientes negativos) (Tabela 6).

A quantidade de fertilizantes aplicada no plantio (kg/alq.) não esteve associada à distância da escola mais próxima, à área do imóvel rural, nem aos percentuais de alfabetizados e do total de área plantada. Todas as *dummies* de DIRAs foram significativas em ao menos um terço das equações e somente Presidente Prudente teve coeficientes negativos.

Menos variáveis selecionadas "explicaram" a intensidade da adubação em cobertura: a distância à escola (negativa), as despesas com combustíveis, o acesso a crédito rural e à energia elétrica, o número de trabalhadores não residentes e os percentuais de áreas cultivadas com milho e com todas as culturas anuais e perenes, todas com efeitos positivos. As

TABELA 5 - Resultados da Análise de Probit para os Determinantes da Adoção de Tecnologia na Cultura de Milho, Estado de São Paulo, 1970-73

Variável	Tração mecânica				Adubação de base				Adubação de cobertura				Defensivo												
	Equa- ção (n.)	Coeficiente			Equa- ção (n.)	Coeficiente			Equa- ção (n.)	Coeficiente			Equa- ção (n.)	Coeficiente											
		(-)	(+)	zero		(-)	(+)	zero		(-)	(+)	zero		(-)	(+)	zero									
One	12	42	17	42	6	83	0	17	6	67	0	33	6	17	0	83									
Acrop	12	0	83	17	6	0	83	17	6	0	83	17	6	17	0	83									
Schdist	12	17	0	83	6	33	0	67	6	33	0	67	6	33	0	67									
Popfarm	12	33	0	67	6	0	33	67	6	0	33	67	6	17	0	83									
Popfarm2	12	17	0	83	6	17	17	67	6	33	0	67	6	0	17	83									
Afarm	12	8	33	58	6	17	17	67	6	0	17	83	6	0	17	83									
Fuelexp	12	0	92	8	6	0	50	50	6	0	0	100	6	0	0	100									
Pastimp	12	0	33	67	6	0	17	83	6	0	0	100	6	0	0	100									
Credit	12	0	50	50	6	0	50	50	6	0	0	100	6	0	0	100									
Eletric	12	0	100	0	6	0	67	33	6	0	83	17	6	0	0	100									
Litrata	12	0	17	83	6	0	0	100	6	17	0	83	6	0	0	100									
Cropprop	12	0	50	50	6	0	33	67	6	0	0	100	6	0	33	67									
Nonres	12	0	33	67	6	0	17	83	6	0	33	67	6	0	17	83									
Cultprop	12	17	17	67	6	0	50	50	6	0	0	100	6	0	33	67									
D2	12	100	0	0	6	0	33	67	6	0	0	100	4	0	0	100									
D3	12	0	0	100	6	0	100	0	6	0	83	17	6	0	0	100									
D4	8	50	0	50	4	0	25	75	4	0	0	100	4	0	0	100									
D5	8	100	0	0	4	0	0	100	4	0	0	100	4	0	0	100									
D6	12	0	50	50	6	0	100	0	6	0	100	0	6	0	0	100									
D7	12	25	0	75	6	0	0	100	6	0	33	67	6	0	0	100									
D8	12	100	0	0	6	0	33	67	6	0	0	100	6	0	0	100									
D9	12	67	0	33	6	0	33	67	6	0	0	100	6	0	0	100									
Indicador da qualidade dos ajustes		Mínimo			Máximo			Mínimo			Máximo			Mínimo			Máximo								
R ²⁽¹⁾		0,22			0,35			0,22			0,31			0,16			0,25			0,03			0,13		
% Certa																									
Total		79			83			72			76			79			85			98			99		
Maior grupo		86			92			82			84			93			97			100			100		
Menor grupo		49			65			55			70			18			45			0			6		
$\mathcal{L}(\beta)$		-419			-335			-542			-420			-439			-309			-63			-40		
$\chi^2(2)$		326a			428a			225a			309a			159a			262a			27			49a		
ρ^2		0,39			0,43			0,21			0,26			0,40			0,47			0,91			0,91		

¹Dos modelos ajustados por mínimos quadrados ordinários.

²Nível de significância: a=1%.

Fonte: Elaborada a partir de dados básicos do Instituto de Economia Agrícola.

TABELA 6 - Resultados da Análise de Tobit para os Determinantes da Adoção de Tecnologia na Cultura de Milho, Estado de São Paulo, 1970-73

Variável	Número de trator			Adubação de base (kg/alq.)			Adubação de cobertura (kg/alq.)			Trator (total de hp)						
	Equa- ção (n.)	Coeficiente			Equa- ção (n.)	Coeficiente			Equa- ção (n.)	Coeficiente			Equa- ção (n.)	Coeficiente		
		(-)	(+)	zero		(-)	(+)	zero		(-)	(+)	zero		(-)	(+)	zero
One	12	100	0	0	6	83	0	17	6	83	0	17	6	100	0	0
Acrop	12	0	67	33	6	0	33	67	6	0	17	83	6	0	83	17
Schdist	12	8	0	92	6	0	0	100	6	33	0	67	6	17	0	83
Popfarm	12	8	25	67	6	0	33	67	6	0	0	100	6	0	50	50
Popfarm2	12	25	8	67	6	33	0	67	6	0	0	100	6	50	0	50
Afarm	12	0	67	33	6	17	0	83	6	17	0	83	6	0	67	33
Fuelexp	12	0	100	0	6	0	33	67	6	0	33	67	6	0	100	0
Pastimp	12	0	33	67	6	0	33	67	6	0	0	100	6	0	50	50
Credit	13	0	85	15	6	0	33	67	6	0	50	50	6	0	83	17
Eletric	12	0	100	0	6	0	67	33	6	0	83	17	6	0	100	0
Litrato	12	0	0	100	6	0	0	100	6	17	0	83	6	0	0	100
Cropprop	12	0	100	0	6	0	0	100	6	0	33	67	6	0	100	0
Nonres	12	0	83	17	6	0	33	67	6	0	33	67	6	0	67	33
Cultprop	12	50	0	50	6	0	33	67	6	0	33	67	6	67	0	33
D2	12	42	0	58	6	0	33	67	6	0	0	100	6	33	0	67
D3	12	0	8	92	6	0	100	0	6	0	100	0	6	0	17	83
D4	8	25	0	75	4	0	75	25	4	0	0	100	4	0	0	100
D5	8	50	0	50	6	33	0	67	4	50	0	50	4	50	0	50
D6	12	0	8	92	6	0	100	0	6	0	100	0	6	0	33	67
D7	12	25	0	75	6	0	67	33	6	0	0	100	6	17	0	83
D8	12	17	0	83	6	0	67	33	6	0	0	100	6	33	0	67
D9	12	17	0	83	6	0	33	67	6	0	0	100	6	33	0	67
Indicador da qualidade dos ajustes		Mínimo		Máximo		Mínimo		Máximo		Mínimo		Máximo		Mínimo		Máximo
R ²⁽¹⁾		0,36		0,55		0,10		0,28		0,11		0,28		0,39		0,52
\mathcal{L}		-1.150		-435		-2.963		-655		-3.291		-521		-2.558		-739

¹Dos modelos ajustados por mínimos quadrados ordinários.

Fonte: Elaborada a partir de dados básicos do Instituto de Economia Agrícola.

DIRAs de Campinas e Ribeirão Preto tiveram coeficientes positivos e Presidente Prudente, negativos.

Apesar da alternância de sinais de algumas variáveis, os resultados obtidos com os dois tipos de modelo e os dados de milho foram melhores do que os descritos em VOSTI & VICENTE (1989).

3.4 - Café

No início da década de 70, o café fazia parte do grupo de culturas em transição (ARAÚJO et al., 1974). No ano agrícola 1972/73, dos 553 questionários selecionados, 11,6% declararam empregar adubação de base, enquanto que adubação em cobertura era praticada por 64,2% dos produtores e defensivos eram aplicados por 33% deles.

Os resultados dos modelos *probit* para o café relacionaram positivamente ao uso de adubação de base (no plantio), a população residente no imóvel, recursos obtidos via crédito rural e a proporção de plantas novas. Nenhuma DIRA diferiu significativamente de Araçatuba nessa prática (Tabela 7).

Já adubação em cobertura esteve associada positivamente ao número total de pés de café, ao acesso a crédito rural, ao percentual de área com culturas, ao número de trabalhadores não residentes e à proporção de pés de café com até três anos de idade. Somente a DIRA de São Paulo não diferiu de Araçatuba; todas as demais, onde havia o cultivo, apresentaram coeficientes positivos.

O maior número de parâmetros significativos foi o da equação de uso de defensivos. Apenas os investimentos no último ano, o percentual de alfabetizados e a proporção de plantas novas não tiveram coeficientes significativos. Um sinal inesperado foi o da variável distância à escola (positivo). As DIRAs de Campinas e Sorocaba não tiveram coeficientes significativos, com os das demais sendo positivos.

Os resultados dos modelos *tobit* foram menos satisfatórios: para adubação de base apenas a proporção de plantas novas afetou a intensidade de uso da técnica positivamente, enquanto a área total do imóvel e o percentual de área efetivamente cultivada tiveram coeficientes negativos. Os investimentos efetuados no último ano tiveram sinais instáveis (Tabela 8). As DIRAs de Campinas, São Paulo e Ribeirão Preto apa-

rentaram empregar maior quantidade de adubos por alqueire no plantio do que Araçatuba. Para adubação em cobertura, associação positiva e significativa ocorreu entre a quantidade aplicada e o número total de pés de café, o uso de crédito rural e a proporção de plantas com até três anos de idade. Para a população rural, o coeficiente linear foi positivo e o quadrático negativo. A DIRA de São Paulo não teve coeficientes significativos, sendo que os das demais foram sempre positivos.

VOSTI & VICENTE (1989) utilizaram dados de outro ano agrícola (1970/71). Embora os resultados daquele ajuste não tenham sido melhores, no presente estudo não se repetiu a interessante influência negativa da distância à escola e positiva da proporção de alfabetizados no uso e na intensidade da adubação em cobertura.

4 - CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os modelos ajustados para representar a adoção e a intensidade do uso de mecanização e de adubação de base, práticas com os maiores percentuais de adoção, forneceram os melhores resultados para algodão, arroz e milho. Adubação em cobertura era técnica utilizada por parcelas significativas apenas de produtores de café e algodão, enquanto defensivos praticamente só eram empregados nessa última cultura.

As dimensões das áreas cultivadas com esses produtos estiveram freqüentemente em associação positiva com o uso dessas técnicas modernas.

A distância do imóvel rural à escola mais próxima na maioria das vezes não foi significativa. Algumas vezes o coeficiente apareceu com o sinal esperado (negativo), quase sempre em equações para a cultura do milho. Em alguns poucos casos o sinal foi positivo, a maior parte deles em modelos para o arroz. A outra variável empregada como *proxy* para educação, o percentual de alfabetizados residentes no imóvel, apresentou coeficientes significativos (positivos) apenas para o uso e a intensidade da adubação de base no arroz. Portanto, é duvidoso que essas *proxies* tenham sido adequadas para representar o estoque de capital humano nos imóveis. Em 1974, 1979 e a partir de 1986, o levantamento do IEA contém questões sobre a escolaridade de proprietários e familiares: é provável que essas variáveis consigam

TABELA 7 - Resultados da Análise de Probit para os Determinantes da Adoção de Tecnologia na Cultura de Café, Estado de São Paulo, 1972-73

Variável	Adubação de base				Adubação de cobertura				Defensivo			
	Equação (n.)	Coeficiente			Equação (n.)	Coeficiente			Equação (n.)	Coeficiente		
		(-)	(+)	zero		(-)	(+)	zero		(-)	(+)	zero
One	4	50	0	50	4	100	0	0	2	100	0	0
Acrop	4	0	0	100	4	0	100	0	2	0	100	0
Schdist	4	0	0	100	4	0	0	100	2	0	100	0
Popfarm	4	0	50	50	4	0	0	100	2	0	100	0
Popfarm2	4	25	0	75	4	0	0	100	2	100	0	0
Afarm	4	0	0	100	4	0	25	75	2	100	0	0
Fuelexp	4	0	0	100	4	0	25	75	2	0	100	0
Pastimp	4	0	0	100	4	0	0	100	2	0	0	100
Credit	4	0	50	50	4	0	50	50	2	0	100	0
Eletric	4	0	0	100	4	0	0	100	2	0	100	0
Litrato	4	0	0	100	4	0	0	100	2	0	0	100
Cropprop	4	0	0	100	4	0	50	50	2	0	50	50
Nonres	4	0	0	100	4	0	50	50	2	0	100	0
Youngplt	4	0	100	0	4	0	100	0	2	0	0	100
D2	4	0	0	100	4	0	100	0	2	0	100	0
D3	4	0	0	100	4	0	100	0	2	0	0	100
D4	4	0	0	100	4	0	0	100	2	0	100	0
D5	4	0	0	100	4	0	100	0	2	0	100	0
D6	4	0	0	100	4	0	100	0	2	0	100	0
D7	4	0	0	100	4	0	100	0	2	0	100	0
D8	4	0	0	100	4	0	0	100	2	0	0	100
D9	0	...	...	...	0	...	...	...	0	...	...	...
Indicador da qualidade dos ajustes	Mínimo	Máximo			Mínimo	Máximo			Mínimo	Máximo		
R ²⁽¹⁾	0,13	0,18			0,18	0,24			0,21	0,26		
% Certa												
Total	89	89			73	75			74	76		
Maior grupo	99	100			87	88			89	91		
Menor grupo	0	15			45	54			39	52		
$\mathcal{L}(\beta)$	-162	-159			-303	-291			-288	-271		
$\chi^2(2)$	77a	84a			121a	146a			134a	165a		
ρ^2	0,58	0,59			0,22	0,25			0,26	0,30		

¹Dos modelos ajustados por mínimos quadrados ordinários.

²Nível de significância: a=1%.

Fonte: Elaborada a partir de dados básicos do Instituto de Economia Agrícola.

TABELA 8 - Resultados da Análise de Tobit para os Determinantes da Adoção de Tecnologia na Cultura de Café, Estado de São Paulo, 1972-73

Variável	Adubação de base (kg/alq.)				Adubação de cobertura (kg/alq.)			
	Equação (n.)	Coeficiente			Equação (n.)	Coeficiente		
		(-)	(+)	zero		(-)	(+)	zero
One	4	50	25	25	3	100	0	0
Acrop	4	0	0	100	3	0	33	67
Schdist	4	0	0	100	3	0	0	100
Popfarm	4	0	0	100	3	0	67	33
Popfarm2	4	0	0	100	3	67	0	33
Afarm	4	50	0	50	3	0	0	100
Fuelexp	4	0	0	100	3	0	0	100
Pastimp	4	25	25	50	3	0	0	100
Credit	4	0	0	100	3	0	33	67
Eletric	4	0	0	100	3	0	0	100
Lirate	4	0	0	100	3	0	0	100
Cropprop	4	50	0	50	3	0	0	100
Nonres	4	0	0	100	3	0	0	100
Youngplt	4	0	100	0	3	0	33	67
D2	4	0	0	100	3	0	100	0
D3	4	0	100	0	3	0	100	0
D4	4	0	100	0	3	0	0	100
D5	4	0	0	100	3	0	100	0
D6	4	0	50	50	3	0	100	0
D7	4	0	0	100	3	0	100	0
D8	4	0	0	100	3	0	100	0
D9	0	...	...	...	0	...	...	...
Indicador da qualidade dos ajustes	Mínimo	Máximo			Mínimo	Máximo		
R ²⁽¹⁾	0,03	0,15			0,07	0,24		
\mathcal{L}	-1.266	-379			-3.088	-534		

¹Dos modelos ajustados por mínimos quadrados ordinários.

Fonte: Elaborada a partir de dados básicos do Instituto de Economia Agrícola.

representar melhor o efeito da educação sobre a adoção de tecnologias.

A população residente no imóvel esteve presente nos modelos com os dados de número existente e seu quadrado; os parâmetros estimados não foram, em geral, significativos. O comportamento mais consistente das medidas dessa variável foi com relação à mecanização: a adoção de tração mecânica foi sempre negativamente afetada pelo número de residentes, enquanto nos modelos para intensidade de uso da técnica, a população aparecia com sinais positivos (dado original) e negativos (quadrado), indicando que o fator trabalho, após certo ponto de máximo, tenderia a ser substituído pelos tratores.

A variável área total do imóvel rural geralmente teve coeficientes positivos e significativos em modelos para adoção de mecanização, número e potência total de tratores, e negativos em parte dos modelos de emprego de adubos em cobertura.

As despesas com combustíveis e lubrificantes, via de regra exibiram parâmetros positivos e significativos nos modelos para mecanização e adubação de base, e não significativos nos demais.

Os investimentos em instalações e benfeitorias no último ano tiveram sinais positivos na maioria dos modelos de número e potência de tratores e de quantidade de fertilizantes no plantio.

Na quase totalidade dos modelos, o uso de crédito rural teve sinal positivo e parâmetro significativo; nos questionários a finalidade do crédito (custeio, investimento ou comercialização) também é levantada, tornando possível, em princípio, analisar como cada modalidade de crédito influenciou a modernização, ao menos em amostras maiores como as levadas a campo de 1974 a 1981.

A existência de energia elétrica no imóvel (ou o número de KVAs instalados) esteve frequentemente associada, sempre com sinal positivo, à adoção e intensidade de uso dessas técnicas, com as interessantes exceções do algodão e do café.

O percentual da área total efetivamente plantado com culturas anuais e perenes também esteve associado positivamente à adoção e uso de tecnologias, principalmente nos imóveis produtores de arroz e milho.

O número de trabalhadores não residentes

nos imóveis não foi significativo em cerca de metade dos grupos de modelos. Na outra metade, esteve positiva e predominantemente associado às intensidades dos usos das técnicas.

O percentual de área cultivada com as quatro culturas apresentou sinais positivos principalmente nos modelos de adubação de base e negativos nos de tração mecânica.

Entre as DIRAs, representadas nos modelos por variáveis *dummies*, a de Bauru apareceu com coeficientes positivos, negativos e não significativos, quase em igual proporção. A de Campinas exibiu sinais positivos, quase sempre em modelos de adubação, e negativos nos de mecanização e uso de defensivos. São Paulo via de regra não foi significativa e Presidente Prudente teve sinais positivos somente em modelos de algodão e café, culturas importantes na região, e negativos ou não significativos nas demais. Ribeirão Preto foi a DIRA com o maior número de coeficientes positivos, com os poucos não significativos concentrando-se nos modelos de uso de defensivos. São José do Rio Preto e o Vale do Paraíba tiveram, em geral, coeficientes não significativos, assim como Sorocaba; essa última região, entretanto, teve parâmetros positivos associados, quase sempre, a adubação em algodão e milho. É necessário ressaltar que, em todos os modelos, as *dummies* assinalam diferenças em relação à DIRA de Araçatuba. Os resultados encontrados indicam considerável variabilidade na adoção de tecnologias entre culturas e regiões do Estado de São Paulo; em estudos específicos dever-se-ia tomar como base de comparação, DIRAs de condições consideradas médias para a prática e a cultura em questão.

Os resultados obtidos sugerem que essa base de dados, desde que bem trabalhada, pode auxiliar consideravelmente a análise do processo de adoção e uso de tecnologias na agricultura paulista. A partir de 1974, as amostras levadas a campo tinham mais do dobro dos elementos da aqui analisada, possibilitando, em princípio, resultados melhores e maiores desagregações. A partir de meados da década de 70, com o crescimento das áreas cultivadas com soja, cana-de-açúcar e laranja no Estado de São Paulo, o leque de culturas analisadas pode também ser ampliado.

NOTAS

¹Trabalho apresentado no XXXIII Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural (SOBER), realizado em Curitiba, PR, de 31 de julho a 3 de agosto de 1995. Parte integrante do projeto SPTC 16-017/88, Recuperação de Dados dos Levantamentos Objetivos IEA/CATI, que recebeu, em diferentes etapas, recursos da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP). Os autores agradecem a Lúcio Fagundes, Celma da S. L. Baptistella, Silene M. de Freitas, Estela M. R. Marinelli, Maria Carlota M. Vicente, Mário P. Almeida Olivetti, Denise V. Caser e Ana M. M. P. de Camargo, da equipe que depurou os dados no Instituto de Economia Agrícola (IEA); a Arnaldo Lopes Júnior e Pêrsio Dutra, da Companhia de Processamento de Dados do Estado de São Paulo (PRODESP) a elaboração e execução dos programas que possibilitaram aquela depuração; à Julie Witcover, do International Food Policy Research Institute (IFPRI) o auxílio na análise econométrica; e a Luiz J. M. Irias, da EMBRAPA, a participação nas fases iniciais do projeto. Recebido em 09/03/95. Liberado para publicação em 28/04/95.

²Engenheiro Agrônomo, MS, Pesquisador Científico do Instituto de Economia Agrícola.

³Economista, PhD., Research Fellow do IFPRI.

⁴Exemplos são os trabalhos de ANDERSON (1986), VOSTI et al. (1987) e, em certos aspectos, o de VOSTI & VICENTE (1989).

⁵A evolução da metodologia e os dimensionamentos de diversas amostras podem ser vistos nos trabalhos de STEVENS (1951), SCHATTAN (1953), CAMPOS & PIVA (1974) e CAMARGO (1988).

⁶A ocorrência de falta de respostas leva a conhecidos problemas em levantamentos por amostragem; ver, por exemplo, KISH (1965) e, especificamente sobre os levantamentos IEA/CATI, PINO & CASER (1984).

⁷As *dummies* assumiram valor 1, caso os imóveis rurais estivessem localizados nas DIRAs por elas representadas, e zero se localizados nas demais. D2 representou a DIRA de Bauru, D3 a de Campinas, D4 a de São Paulo (Capital), D5 a de Presidente Prudente, D6 a de Ribeirão Preto, D7 a de São José do Rio Preto, D8 a de Sorocaba e D9 a do Vale do Paraíba. Como não houve variável *dummy* para a DIRA de Araçatuba, as demais representam as diferenças das outras DIRAs em relação à não representada.

⁸A descrição que se segue baseia-se em MADDALA (1983).

⁹Os resultados obtidos a partir de modelos *probit* e *logit* são semelhantes, diferindo apenas em certos casos de amostras extremamente grandes. Comparações entre esses dois tipos de modelos e análise discriminante podem ser vistas em AMEMIYA (1981) e MADDALA (1983). Uma das primeiras aplicações desse tipo de modelo a dados agrícolas foi o trabalho de NERLOVE & PRESS (1973).

¹⁰A relação entre os $\hat{\beta}$ desse tipo de modelo e os estimados por mínimos quadrados ordinários pode ser vista em MADDALA (1983).

¹¹Detalhes em CAMPOS & PIVA (1974).

¹²Num contexto de modelos de regressão mais convencionais, uma alternativa seria o uso de mínimos quadrados ponderados (ver HOLT; SMITH; WINTER, 1980, para comparações entre o desempenho desse e de outros estimadores).

¹³A amostra levada a campo nos três anos agrícolas analisados era composta de 2.282 elementos.

¹⁴Esse teste é definido como $-2(\mathcal{L}(c) - \mathcal{L}(\hat{\beta}))$, assintoticamente distribuído como χ^2 com k-1 graus de liberdade em modelos de escolha binária. $\mathcal{L}(c)$ é o valor do logaritmo da função verossimilhança quando somente a constante é incluída, e corresponde a um modelo ingênuo, em que a probabilidade de escolha de cada alternativa é simplesmente igual à fração da amostra que a escolheu. $\mathcal{L}(\hat{\beta})$, é o máximo do logaritmo da função verossimilhança para o modelo completo e k é o número de parâmetros desse modelo (BEN-AKIVA & LERMAN, 1985).

¹⁵Esse indicador da qualidade dos ajustes, definido como $1 - [\mathcal{L}(\hat{\beta}) / \mathcal{L}(0)]$, mede a fração de um valor inicial do logaritmo da verossimilhança explicado pelo modelo, e para modelos de escolha binária com uma constante, assume valores entre zero e um. $\mathcal{L}(0)$ é o valor do logaritmo da função verossimilhança quando todos os parâmetros são iguais a zero e corresponde ao modelo mais ingênuo possível, em que a probabilidade de escolha de cada alternativa é igual a 1/2. Apesar de análogo ao R^2 , esse indicador deve ser visto com mais cautela, não havendo uma regra geral para defini-lo como suficientemente grande; pode, entretanto, ser usado para comparar a qualidade de modelos alternativos e, no caso da inclusão de novas variáveis explicativas, é possível calculá-lo corrigido para graus de liberdade (ver BEN-AKIVA & LERMAN, 1985).

¹⁶Analogamente ao ρ^2 anteriormente citado, também o $\mathcal{L}(\hat{\beta})$ pode ser corrigido para comparações entre equações com número diferente de parâmetros. No caso, $[\mathcal{L}(\hat{\beta}) - k]$ seria o valor de AIC (critério de Akaike, ver AMEMIYA, 1981 e BEN-AKIVA & LERMAN, 1985).

¹⁷Como no caso anterior, doravante a discussão será feita apenas para as variáveis significativas pelo menos na terça parte dos modelos.

¹⁸Em todos os modelos *tobit* estimados, tanto para algodão como para as outras culturas, o valor estimado de δ foi significativo (a 1%); se assim não fosse, os δ estimados não difeririam estatisticamente dos obtidos por mínimos quadrados (ver MADDALA, 1983 e JUDGE et al., 1988).

¹⁹Uma das equações com dados de 1972 (sem transformação por logaritmos) não pôde ser estimada devido à ocorrência de Hessiano singular durante as iterações do método de Newton-Raphson.

²⁰Para a potência total, a variável percentual de alfabetizados também não apareceu com significância estatística.

LITERATURA CITADA

- AMEMIYA, Takeshi. Qualitative response models: a survey. **Journal of Economic Literature**, Nashville, **19**(4):1483-1536, Dec. 1981.
- _____. Tobit models: a survey. In: _____, ed. Censored or truncated regression models. **Journal of Econometrics**, Amsterdam, **24**(1/2): 3-61, Jan./Feb. 1984.
- ANDERSON, J. **Credit constraints in agricultural production: an econometric analysis of brazilian subsidied rural credit policy**. Yale, University of Yale, 1986. (Tese de PhD).
- ARAÚJO, Paulo F. C. et al. Crescimento e desenvolvimento da agricultura paulista. **Agricultura em São Paulo**, SP, **21**(3):169-199, 1974.
- BEN-AKIVA, Moshe E. & LERMAN, Steven R. **Discrete choice analysis: theory and application to travel demand**. Cambridge, MIT Press, 1985. 390p.
- CAMPOS, Humberto & PIVA, Luiz H. O. Dimensionamento de amostra para estimativa e previsão de safra no Estado de São Paulo. **Agricultura em**

São Paulo, SP, 21(3): 65-88, 1974.

CAMARGO, Milton N. **Amostra para previsões e estimativas de safras agrícolas do Estado de São Paulo em vigor a partir de junho de 1981.** São Paulo, IEA, 1988. 75p. (Relatório de Pesquisa 27/88).

COCHRAN, William G. **Sampling technique.** 3.ed..ed. New York, J. Wiley, 1977. 428p.

GREENE, William H. **LIMDEP version 5.1.**New York, Econometric Software, 1989. 431p.

HOLT, D.; SMITH, T.M.F.; WINTER, P.D. Regression analysis of data from complex surveys. **Journal of the Royal Statistical Society: Ser. A, 143,** (Part 4): 474-487, 1980.

JUDGE, George G. et al. **Introduction to the theory and practice of econometrics.** New York, J.Wiley, 1988. 1024p.

KISH, Leslie. **Survey sampling.** New York, J.Wiley, 1965. 643p.

MADDALA, Gangadhar Rao S. **Limited-dependent and qualitative variables in econometrics.** Cambridge, University Press, 1983. 401p.

NERLOVE, Marc & PRESS, James. **Univariate and multivariate loglinear and logistic models.** Sant Monica, Rand Corporation, 1973. - 134p. (RAND report R-1306-EDA/NIH).

PINO, Francisco A. & CASER, Denise V. **Falta de resposta em levantamentos por amostragem: um estudo de caso.** São Paulo, IEA, 1984. 25p. (Relatório de Pesquisa 8/84).

SCHATTAN, Salomão. **Obtenção de estatísticas agrícolas pelo método de amostragem.** São

Paulo, DER, 1953. 39p.

STEVENS, Wilfred L. **Estimativa e previsão de safras através de um levantamento por amostragem.** São Paulo, DER, 1951. 54p.

VOSTI, Stephen A. et al. **Analysis of the São Paulo data series:** preliminary empirical results and recommendations for data recovery. Washington, IFPRI, 1987.

_____. & VICENTE, José R. **Assessment of IEA farm-level survey data for the purposes of technology adoption research.** Washington, IPRI, 1989. 27p.