

AGRICULTURA EM SÃO PAULO

Boletim Técnico do Instituto de Economia Agrícola

Ano XXXI

Tomos I e II

1984

ADOÇÃO TECNOLÓGICA NA AGRICULTURA PAULISTA ⁽¹⁾

Zuleima Alleoni Pires de Souza Santos

O crescimento da produtividade agrícola é questão principal relativa às metas designadas para o setor agrícola no Brasil, nos anos 80. Este crescimento não ocorre por acaso mas é, em geral, o resultado de um processo de adoção tecnológica.

O objetivo deste estudo foi procurar entender como esse processo de aumento da produtividade agrícola está relacionado com a adoção tecnológica. Dados de seis produtos (café, algodão, cana-de-açúcar, citros, soja e milho) para o Estado de São Paulo foram analisados, e para cada produto foi estimada uma função logística. Estas funções são um meio adequado de sumariar os dados, já que as diferenças nos processos de adoção tecnológica entre os seis produtos estão refletidas nos parâmetros das funções logísticas. Os resultados foram analisados, contrapondo-se com as evidências históricas do desenvolvimento tecnológico e com a pesquisa agrícola relacionada com cada produto. Estes resultados mostram claramente a importância do papel da pesquisa agrícola para elevar a produtividade do setor agrícola.

⁽¹⁾ Resumo da tese apresentada à Faculdade de Economia e Administração da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Economia, liberado para publicação em

1 – JUSTIFICATIVA

É bastante conhecida a importância do setor agrícola dentro do processo de desenvolvimento brasileiro. Historicamente, a agricultura no Brasil tem desempenhado, com maior ou menor sucesso, seu papel de aumentar a oferta tanto de alimentos e matérias-primas, como de produtos exportáveis, além de possibilitar a transferência de recursos para outros setores da sociedade.

Hoje, mais uma vez cabe ao setor agrícola função importante na solução dos problemas econômicos do País. A maior preocupação com a questão distributiva, a necessidade de gerar um excedente exportável maior e a crise energética contribuiram para o posicionamento da agricultura na estratégia do desenvolvimento brasileiro (2). Assim, o setor agrícola teria como meta a atingir, no curto prazo, o aumento substancial na oferta de três tipos de bens: alimentos, produtos exportáveis e combustíveis alternativos, principalmente o álcool.

Entretanto, dados os atuais níveis de produtividade da agricultura, o alcance simultâneo das metas acima assinaladas implicaria a expansão da área cultivada a uma taxa de 7,5% a 8% ao ano. Tal constatação não deixa de ser inquietante, posto ser esta taxa de crescimento praticamente o dobro das taxas de expansão da área cultivada, historicamente observadas. Além do que ainda existe a possibilidade de tal crescimento de área se fazer através da ocupação de solos relativamente mais pobres.

Em vista disso, o aumento requerido da produção do setor agrícola não pode ser obtido unicamente pela ampliação da área cultivada, sendo que a elevação dos atuais níveis de produtividade torna-se uma questão de relevo para a agricultura responder satisfatoriamente aos objetivos a ela designados. O aumento da produtividade agrícola não se dá por acaso; em geral, resulta de um processo de geração e adoção de novas tecnologias, ou seja, de novas técnicas de cultivo, do uso de novas variedades mais produtivas, do

(2) Discussão mais ampla sobre as metas a serem alcançadas pela agricultura nos dias de hoje, é encontrada em **HOMEM DE MELO** (3).

maior emprego de insumos modernos, bem como da combinação correta desses fatores.

2 – OBJETIVO

O presente estudo pretende analisar o processo de geração e adoção de inovações tecnológicas para algumas culturas no Estado de São Paulo e, assim, procurar compreender como se deu a modernização do setor agrícola.

A análise do processo de modernização será baseada em indicações da adoção tecnológica constatada no desenvolvimento de algumas culturas. Considerou-se para tanto que o processo de mudança tecnológica gera uma nova fonte de variações nos rendimentos, condicionando sua taxa de crescimento no tempo (12).

Por sua vez, as inovações consideradas para fins de análise relacionam-se a vários aspectos da produção, como a introdução de novas variedades, o uso de fertilizantes, de defensivos agrícolas e de maquinarias.

A preocupação em não privilegiar uma inovação isolada está ligada à idéia de que aumentos de rendimentos estão relacionados, na maioria das vezes, não somente à adoção de uma inovação em particular, mas de uma combinação de novas técnicas.

3 – O MODELO DE ADOÇÃO DE INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS

Valiosa contribuição para o conhecimento empírico do processo de adoção técnica surgiu com o trabalho de GRILICHES (2), sobre o processo de desenvolvimento e adoção de milho híbrido em algumas áreas dos Estados Unidos, que ao examinar as proporções da área plantada com sementes híbridas de milho em relação à área total, observou que os dados estudados mostravam-se dispor-se nitidamente em forma de "S" em um gráfico. Observou, também, que quando do seu início, o processo de adoção ocorria vagaro-

samente, após o que passava a crescer exponencialmente e, à medida que diminuían as áreas plantadas com variedades não híbridas, a velocidade de crescimento da taxa de adoção tornava-se bastante reduzida. Para representar tal comportamento dos dados, escolheu a função logística por esta possuir parâmetros mais facilmente interpretáveis dentro de um contexto sócio-econômico.

No presente trabalho, distinção importante é feita quanto ao procedimento utilizado que, a exemplo de VERA FILHO (12) — em seu estudo sobre adoção tecnológica para a cultura de amendoim na Carolina do Norte (EUA) —, pretende estimar curvas logísticas com base em dados de rendimento de algumas das principais culturas da agricultura paulista. A falta de informações sobre a proporção de área sob nova tecnologia conduziu este estudo no sentido de identificar, nas variações dos rendimentos, o reflexo do processo de modernização do setor agrícola do Estado de São Paulo.

Mais especificamente, o modelo desenvolvido neste trabalho pressupõe que, na agricultura, o processo de adoção tecnológica possa ser representado adequadamente por uma função logística definida por:

$$P_t = \frac{K}{1 + e^{-(a+bt)}} \quad (1)$$

onde a variável dependente P representa a proporção da área total cultivada sob nova tecnologia, no tempo t (3). O limite de P_t , pa-

(3) Note-se que P_t representa a porcentagem da área total cultivada sob nova tecnologia e não a proporção de agricultores adotantes da nova tecnologia. Em geral, pode-se esperar que as duas variáveis caminhem juntas, mas não a uma mesma taxa, dadas as diferenças na escala de produção existentes em cada cultura. Como o objetivo deste trabalho é analisar os efeitos que a adoção exerceu sobre os níveis médios de produtividade no Estado de São Paulo, o conceito adequado a ser utilizado é, portanto, o de proporção da área total cultivada sob nova tecnologia e não a porcentagem de agricultores adotantes. Ou seja, para o nível médio de rendimento de uma cultura, não importa saber que 90% dos agricultores adotam a nova tecnologia, caso eles respondam por uma proporção ínfima da área total plantada desta cultura.

ra t tendendo ao infinito, é dado por K , assíntota superior da função, de valor igual ou inferior à unidade, que representa o nível de equilíbrio no longo prazo. O parâmetro b , coeficiente da taxa de adoção, está relacionado com a taxa de crescimento da variável P_t . A constante a é um parâmetro que posiciona a curva logística no sentido horizontal. A representação gráfica da curva logística está presente na figura 1.

A função logística está sendo utilizada neste estudo como uma maneira de resumir o comportamento dos dados de adoção de tecnologia nas diferentes culturas. GRILICHES (2) mostra que o parâmetro de posição a , que situa a curva logística no eixo horizontal do tempo, está relacionado às condições de oferta dos produtores de inovações. Variáveis como o mercado potencial de adotantes de novas tecnologias e o risco estariam relacionados com a . Quanto maior o mercado potencial e menor o risco, maior o incentivo e, portanto, mais cedo a nova tecnologia estaria disponível no mercado, pronta para ser utilizada pelos agricultores. Com relação ao parâmetro b , coeficiente da taxa de adoção, Griliches mostra que o mesmo está associado às condições de lucratividade da técnica nova vis-à-vis à técnica antiga, ou seja, b está associado às condições do lado da demanda da nova tecnologia. O parâmetro K , taxa de adoção de equilíbrio, dependeria também das condições da demanda. Mais propriamente, este parâmetro estaria correlacionado com a distribuição da lucratividade entre os vários adotantes. Quanto menor a variância da lucratividade da nova técnica em relação à técnica antiga, mais alto deveria ser o K . Portanto, a curva logística resumindo o comportamento do processo de adoção tecnológica, para as várias culturas, mostra as diferenças nos padrões desse processo entre essas culturas através de diferenças nos coeficientes estimados, isto é, através de diferenças em K , a e b .

Supondo que nem todos os indivíduos reagem em mesma intensidade e natureza diante de uma inovação, é lógico esperar-se que a adoção ocorra em instantes de tempo diferentes. Conseqüentemente, os rendimentos observados não irão mudar abruptamente do nível tecnológico pré-existente para aquele associado à nova tecnologia, crescendo em relação direta à taxa de adoção. Assim, dada

a existência de dois níveis tecnológicos distintos, um deles referindo-se à tecnologia de baixo rendimento, e um outro referindo-se à tecnologia de alto rendimento ⁽⁴⁾, pode-se definir o rendimento para cada produto num período de tempo t , pela seguinte média ponderada:

$$Y_t = P_t Y_a + (1 - P_t) Y_b = Y_b + (Y_a - Y_b) P_t$$

onde Y representa o rendimento no período t ; P_t representa a proporção da área total cultivada sob nova tecnologia (ou cultivada sob tecnologia de alto rendimento) no período t ; Y_a é a produção por área associada à tecnologia de alto rendimento; Y_b é a produção por área associada à tecnologia de baixo rendimento.

Por outro lado, supondo-se também que o processo de adoção tecnológica obedece ao padrão logístico do tipo

$$P_t = \frac{K}{1 + e^{-(a+bt)}}, \text{ segue então que:}$$

$$Y_t = Y_b + (Y_a - Y_b) P_t$$

$$Y_t = Y_b + (Y_a - Y_b) \frac{K}{1 + e^{-(a+bt)}}$$

$$(Y_t - Y_b) = (Y_a - Y_b) \frac{K}{1 + e^{-(a+bt)}}$$

$$\frac{(Y_t - Y_b)}{(Y_a - Y_b)} = \frac{K}{1 + e^{-(a+bt)}}$$

⁽⁴⁾ Na realidade, no período estudado não se pode dicotomizar a tecnologia de produção a dois níveis apenas, um dito "moderno" e outro "antigo". Existiram na realidade diversas formas distintas de "como produzir" ao longo do tempo, que coexistiam simultaneamente. A hipótese simplificadora acima diz respeito ao conjunto de técnicas de produção existente no início do período estudado, a "tecnologia antiga" e o conjunto de técnicas disponíveis no final do período, a "tecnologia moderna".

Em outras palavras, as curvas obtidas para P_t e Y_t são semelhantes, apenas mudando a escala de valores definidos entre 0 e 1 para P_t (5). As estimativas dos valores a , b e K resultam da aplicação do método de Gauss-Newton (6), sobre médias móveis dos dados originais de rendimento apresentado pelas culturas de café, algodão, soja, cana-de-açúcar e milho, no período 1940–79, no Estado de São Paulo. A utilização de médias móveis teve como objetivo a obtenção da tendência da produtividade de longo prazo, eliminando-se, assim, as flutuações devidas a causas aleatórias, como, por exemplo, as condições climáticas adversas ocorridas em determinados anos. Desse modo, as séries de produtividade utilizadas neste estudo mostram o rendimento das culturas em anos “normais”, nos quais o clima não é excessivamente favorável ou desfavorável e o efeito de outros acidentes naturais é minimizado.

Aspecto importante refere-se ao fato de que não se trata apenas da adoção de uma determinada inovação tecnológica ou de um conjunto de inovações tecnológicas, mas sim de diferentes conjuntos de inovações introduzidas em diferentes momentos de tempo, que se sobrepõem em maior ou menor grau de intensidade. Em outras palavras, dada a proporção máxima da área plantada sob um determinado conjunto de inovações tecnológicas e a velocidade de crescimento dessa proporção, o rendimento máximo possível de ser alcançado seria atingido num determinado número de anos. Mas, a introdução de outro conjunto de inovações

(5) À primeira vista o uso desta “proxy” para a proporção da área total plantada sob nova tecnologia pode configurar um raciocínio circular. O rendimento cresce porque a proporção cresce, mas como a “proxy” da proporção é a própria variável rendimento na escala 0 a 1, o crescimento desta se deve ao aumento do rendimento. Assim, o raciocínio pode parecer circular. Não é circular simplesmente pelo fato que caso fossem disponíveis as informações da área plantada com a nova tecnologia, elas estariam bastante correlacionadas com a “proxy” adotada. Assim, existe uma relação de causalidade bem definida, ou seja, a mudança no P_t ou em sua “proxy” implica em alterações no nível de rendimento.

(6) Maiores detalhes a respeito do método Gauss-Newton, ver SANTOS (10). Quanto à utilização do referido método, ver VERA FILHO (12).

tecnológicas com seus valores de K e de b , irá elevar novamente o rendimento a outro nível máximo.

A curva de rendimentos de uma cultura mostra, portanto, pontos de diferentes curvas de rendimento características de cada um dos vários conjuntos de técnicas. Assim, a "proxy" da proporção da área plantada sob nova tecnologia reflete essa característica peculiar da curva de rendimento.

3.1 — A Variável Rendimento na Estimação da Função Logística

No capítulo anterior foi apresentado o modelo logístico — a função logística — para representar o processo de adoção tecnológica na agricultura. Para a estimação desse modelo seriam necessárias informações precisas de P_t , proporção da área plantada sob nova tecnologia. Essas informações não existem para todas as culturas estudadas, havendo apenas algumas séries estatísticas, em geral curtas, sobre algumas inovações isoladas. Dessa forma, buscou-se com as séries de rendimento os informes necessários para a estimação do modelo. O presente capítulo pretende justificar o uso da variável rendimento como "proxy" de P_t , mostrando sua relevância nos estudos de adoção tecnológica na agricultura.

Inicialmente, entende-se que os aumentos de rendimento podem resultar de avanços tecnológicos poupadores de terra ou da substituição de terra por outros fatores, em resposta aos preços relativamente mais altos da terra. Assim, "as variações nos rendimentos não indicam satisfatoriamente se as variações observadas resultam de um processo de adoção tecnológica, ou de uma mudança na razão de fatores empregados, ou de ambos" (12).

Porém, o emprego do modelo logístico a partir da variável rendimento encontra uma justificativa adequada ao considerar que "variações nos rendimentos indicam a ocorrência de um processo de ajustamento . . . e pesquisas prévias sobre mudança tecnológica mostram que o processo de ajustamento observado pode ser representado por um modelo logístico, não havendo razão para excluir a possibilidade do modelo também ser representativo de um processo de mudança nas técnicas de produção" (12).

Além disso, o uso da variável rendimento também se fundamenta em mais dois aspectos: primeiro, a identificação de uma dada inovação e da proporção da área plantada sob a mesma, em geral, somente é obtida através de levantamentos onerosos e demorados; em contrapartida, certos índices parciais de produtividade, como, por exemplo, rendimento por hectare, são sistematicamente compilados pelos órgãos estatísticos governamentais. Segundo, dada a grande variabilidade de características sócio-econômicas entre as regiões, a adoção de inovações tecnológicas na agricultura mostra-se, às vezes, específica ao próprio local de sua aplicação, dificultando a sua identificação e posterior qualificação.

Tendo em mente esses aspectos, pretende-se, então, com base nos resultados obtidos na estimação da função logística, examinar a evolução tecnológica apresentada por alguns produtos da agricultura paulista, representada, em última análise, pelo crescimento da variável rendimento ao longo do tempo. Os acréscimos no rendimento serão aqui entendidos como resultantes de avanços tecnológicos, refletindo, de um modo geral, a adoção de inovações destinadas a aumentar a produtividade da terra (7). Quanto à natureza destas, sabe-se que resultam, em geral, de melhoramentos biológicos nas variedades, de melhorias nas práticas culturais e do controle de pragas e doenças, entre outras.

Nesse ponto, cabe abrir um parêntese e destacar a importante contribuição dada pela pesquisa agrícola, principalmente a que vem sendo desenvolvida no Estado de São Paulo, conduzindo, através da contínua formação de novos conhecimentos, a resultados bastante significativos, como por exemplo a obtenção de variedades melhoradas para algumas culturas que, somada à adoção de outras práticas, tem proporcionado maiores índices de produtividade.

(7) Outras fontes de aumento do rendimento apontadas pela literatura, como por exemplo as mudanças na localização de culturas para áreas com condições edafoclimáticas mais propícias, a introdução de cultivo mais produtivo e economicamente mais vantajoso ou a simples alteração na razão dos fatores empregados, embora sejam aqui consideradas, não serão entretanto objeto desta análise.

A avaliação do desempenho da pesquisa agrícola desenvolvida no Estado, realizada por SILVA, FONSECA & MARTIN (11), para o período de 1927—77, mostra que aquela, tendo se voltado mais para a geração de inovações destinadas a aumentar a produtividade da terra, teria sido um dos fatores responsáveis pelos ganhos de produtividade constatados para diversos produtos. Verificaram, assim, que dentre as pesquisas poupadoras de fatores, as poupadoras de terra predominam, representando cerca de 66% do total do período, em contraposição às classificadas como poupadoras de trabalho, respondendo por apenas 3%.

Buscando relacionar o crescimento do rendimento com o desenvolvimento de inovações tecnológicas, procurar-se-á enfatizar, no decorrer deste trabalho, a criação de inovações, principalmente as geradas de pesquisas do tipo poupadoras de terra, embora em momento algum se exclua a possibilidade de que outros tipos de inovações ou outros fatores possam também estar influenciando no aumento da produtividade.

Nesse sentido, é sabido que além do maior uso de fertilizantes, as práticas culturais mais cuidadosas (preparo do solo, plantio, tratos culturais) chamam a atenção para uma maior mecanização agrícola associada a inovações bioquímicas, caracterizando tecnologias agrícolas recentemente desenvolvidas em outros países (3). Ainda que não se possa avaliar com exatidão em que magnitude tal associação influi nos acréscimos do rendimento, parece razoável supor que para alguns produtos tal influência tem sido preponderantemente favorável.

A esse respeito, MUELLER (7) considera que, no caso do Brasil, ao contrário de outros países, por ser o nível de produtividade da agricultura tradicional muito baixo, a introdução de tecnologia mecanizada não foi apenas acompanhada do aumento de produtividade da mão-de-obra, mas também da terra; considera também que nas áreas mais desenvolvidas do País, de terras escassas e caras, a mecanização vem possibilitando uma agricultura mais intensiva e rentável, não sendo difícil imaginar que seja também mais produtiva.

SANDERS & RUTTAN (9) argumentam que nas regiões

fronteiriças do Brasil, principalmente naquelas em que predominam solos de estrutura pesada, como são os de cerrados, a mecanização é freqüentemente empregada nas operações de cultivo, em que a força animal não é suficiente para uma preparação adequada do solo. Segundo os autores, o uso mais intenso da mecanização nesses solos difere do observado nas regiões de terra roxa, como solo melhor estruturado, em que a requisição de maquinaria se faz menos necessária.

Assim, neste estudo, ainda que controvertida a influência da mecanização na produtividade agrícola, sempre que houver disponibilidade de informações sobre uma maior participação do uso de maquinaria nas diversas atividades agrícolas, a mesma será considerada juntamente com a adoção de outras práticas, como por exemplo a utilização de sementes melhoradas, a maior aplicação de fertilizantes, de defensivos e de herbicidas e a introdução de práticas culturais mais adequadas.

Por outro lado, entende-se também que o crescimento do rendimento não deve ser atribuído a uma inovação considerada individualmente, visto que o uso de uma prática isolada pode não conduzir a melhoramentos tecnológicos, condicionando a sua validade à adoção conjunta de outras práticas. Como exemplo, constata-se que o maior uso de fertilizante em presença de sementes não melhoradas não propicia uma resposta adequada em termos de rendimento da cultura. Porém, uma aplicação mais intensiva de adubos químicos combinada com a utilização de sementes melhoradas conduz ao aumento da produtividade.

4 – DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados os resultados da estimação da função logística para os seis produtos estudados: café, algodão, cana-de-açúcar, laranja, soja e milho.

Na análise, um ponto importante diz respeito à escolha do período de tempo considerado no ajustamento da função logística.

Inicialmente, pensou-se em ajustar os dados de rendimento considerando um mesmo intervalo de tempo para as seis culturas. Porém, tal procedimento não se mostrou o mais adequado, dada a extrema dificuldade em se constatar simultaneidade no início e fim do processo de adoção de inovações tecnológicas em culturas com distintos desenvolvimentos tecnológicos.

Assim sendo, passou-se a definir os intervalos de tempo, para cada produto, segundo os seguintes critérios:

- a) utilizou-se como indicador de inovações tecnológicas o número de artigos publicados ⁽⁸⁾ em diversas instituições oficiais de pesquisa agrícola do Estado de São Paulo, no período 1927-77. Com base nesse indicador, definiu-se inicialmente quais os produtos ⁽⁹⁾ que deveriam ser investigados, procurando-se também averiguar quais datas caracterizariam uma concentração de pesquisas agrícolas relativas à geração de inovações tecnológicas disponíveis aos agricultores;
- b) adicionalmente, dada a série de rendimento de cada produto, verificou-se se o rendimento apresentou uma tendência estável de crescimento para o período assinalado ⁽¹⁰⁾;

⁽⁸⁾ Uma limitação desse indicador refere-se ao fato de que nem todos os resultados de pesquisa são necessariamente publicados (4). Outro aspecto a ser salientado diz respeito à possibilidade de algumas inovações tecnológicas terem sido geradas em outros Estados e que podem estar sendo adotadas pelos agricultores locais, sem que resulte de pesquisa desenvolvida pelas instituições acima especificadas.

⁽⁹⁾ Produtos como café, cana-de-açúcar, algodão e citros são os que mais se destacaram dentre o grupo de exportáveis, enquanto que a pesquisa com soja ganha maior expressão somente a partir da década de 50. Dentre os domésticos, o milho é o produto com maior número de pesquisas no período (11).

⁽¹⁰⁾ Utilizaram-se duas fontes de dados de rendimento: a Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e o Instituto de Economia Agrícola (IEA). Os dados do IEA, obtidos através de amostra estatística junto às propriedades agrícolas, sugerem melhor qualidade serão utilizados sempre que se julgar necessário, como, por exemplo, na definição dos valores de Y_b . Para o acompanhamento da evolução de área e rendimento, os dados do IBGE (desde 1931) permitem uma melhor análise de longo prazo, mais compatível também com o período referente às pesquisas agrícolas sobre os produtos estudados.

c) finalmente, após a escolha do período de tempo considerado para fins de ajustamento, passou-se a definir os valores de Y_a e Y_b .

Tomou-se como valor aproximado de Y_b (rendimento médio associado à tecnologia de baixo rendimento) a média trienal de rendimentos elaborada pelo Instituto de Economia Agrícola (IEA), para o período de 1949–79.

Como aproximação do valor de Y_a (rendimento médio associado à tecnologia de alto rendimento), considerou-se o rendimento possível de ser alcançado com alta tecnologia para o Estado de São Paulo. Tais valores resultaram de consultas feitas a técnicos especializados e pertencentes a instituições de pesquisa e assistência técnica do Estado.

4.1 — Resultados Obtidos para os Seis Produtos Estudados

Os resultados obtidos na aplicação do método de Gauss–Newton para a “proxy” de proporção da área cultivada sob nova tecnologia mostram ajustamento adequado para as seis culturas estudadas. Com efeito, os dados do quadro 1 revelam que, para os seis produtos, todos os coeficientes são significantes diferentes de zero a um nível de pelo menos 1% ⁽¹¹⁾. Além das estimativas dos parâmetros a , b e K e seus respectivos desvios-padrões, o quadro 1 também apresenta estimativa do ano de início do processo de adoção tecnológica. Da mesma forma que em GRILICHES (2), o ano de início é dado aproximadamente pelo t tal que $P_t = 0,10K$.

As estimativas do parâmetro b têm interesse especial, na medida em que este está diretamente relacionado com a taxa de crescimento da adoção, pois como visto anteriormente:

$$P_t = b \frac{(K - P_t)}{K} .$$

(11) A representação gráfica da curva logística por produto é apresentada nas figuras 2 e 7.

QUADRO 1. - Estimativa dos Parâmetros da Função Logística por Produto e para os Respectivos Períodos, Método Gauss-Newton

Produto	Estimativa dos parâmetros			Graus de liberdade	Data $P_t = 0.10k$
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>K</i>		
Café (1941-1978)	-3.8483* (0.6341)	0.1633* (0.0459)	0.9751* (0.1913)	35	1.951
Algodão (1946-1978)	-2.9854* (0.3283)	0.2356* (0.0302)	0.9605* (0.0405)	30	1.949
Cana-de-açúcar (1941-1978)	-2.5541* (0.2949)	0.1056* (0.0274)	0.9695* (0.2184)	35	1.944
Laranja (1950-1978)	-5.246 * (1.5107)	0.4609* (0.1379)	0.9459* (0.0619)	26	1.957
Soja (1949-1978)	-3.0832* (0.2277)	0.1539* (0.0281)	0.9451* (0.1978)	27	1.955
Milho (1954-1978)	-2.4136* (0.2741)	0.2107* (0.0399)	0.5830* (0.0646)	22	1.955

(*) Significância a nível de 1%.

Obs: Os números entre parênteses abaixo de cada coeficiente correspondem aos valores dos desvios padrões.

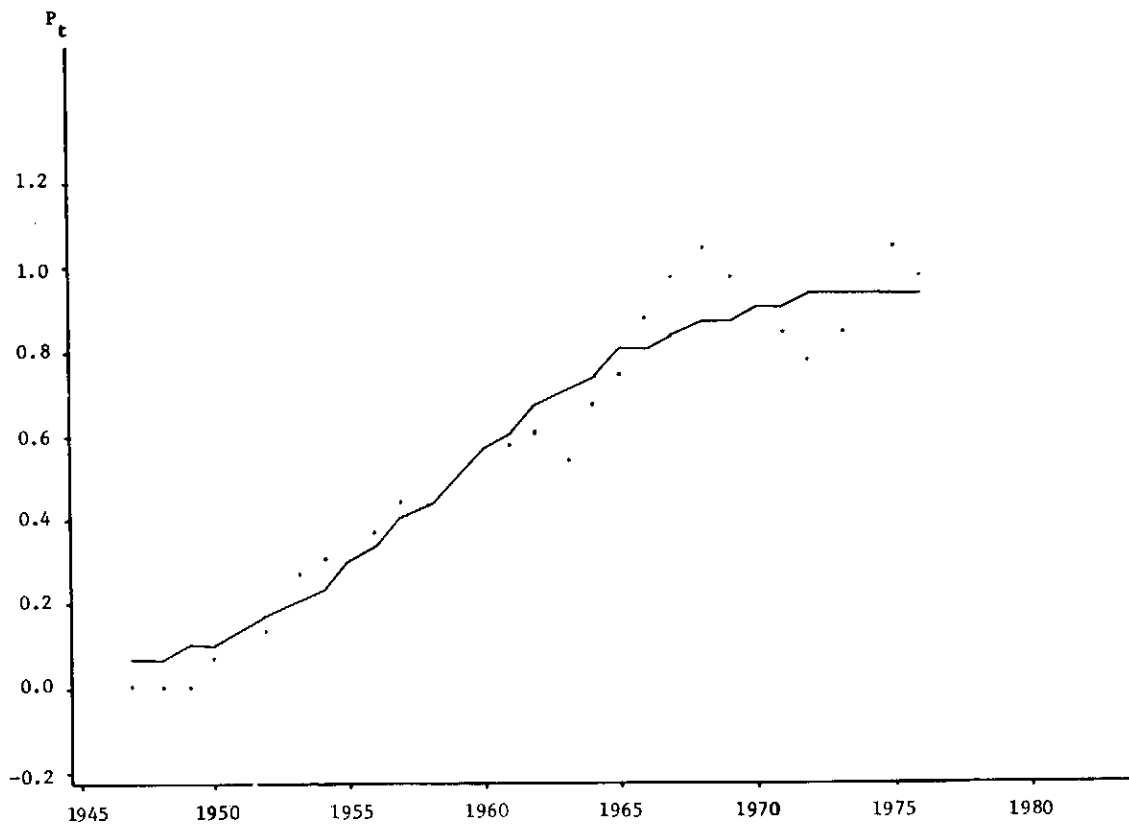


FIGURA 3. - Curva Logística para a Cultura do Algodão.

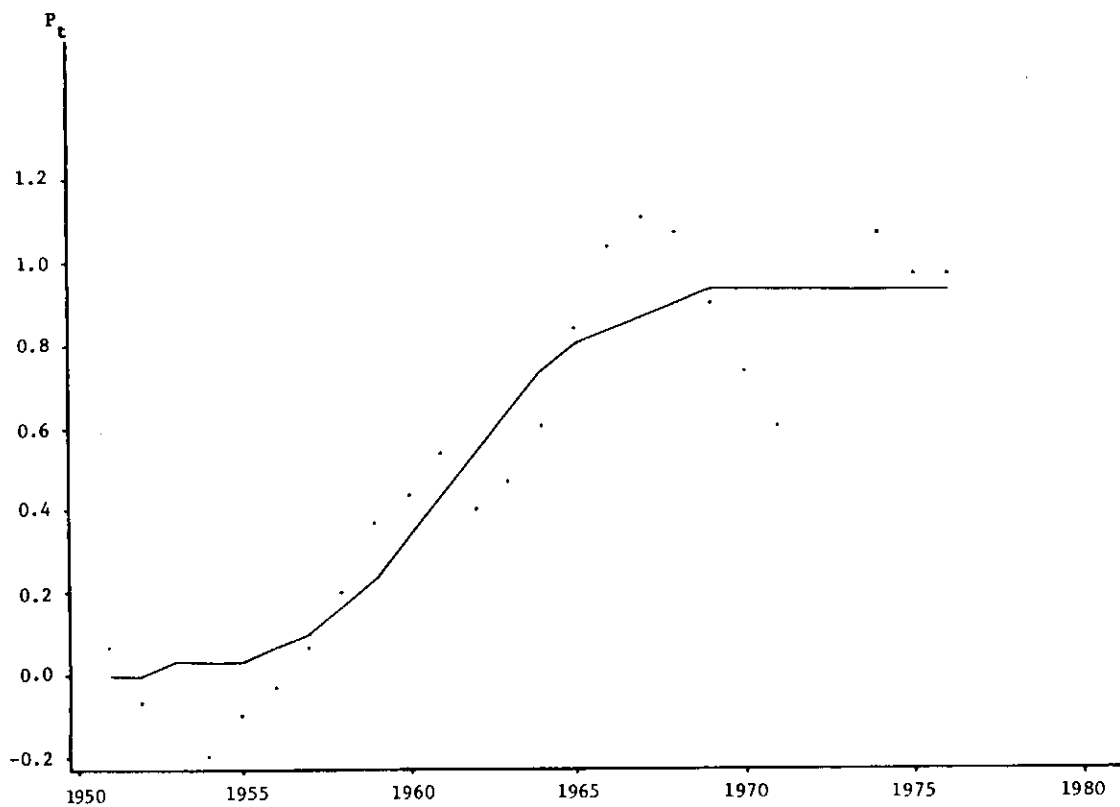


FIGURA 5. - Curva Logística para a Cultura dos Citros.

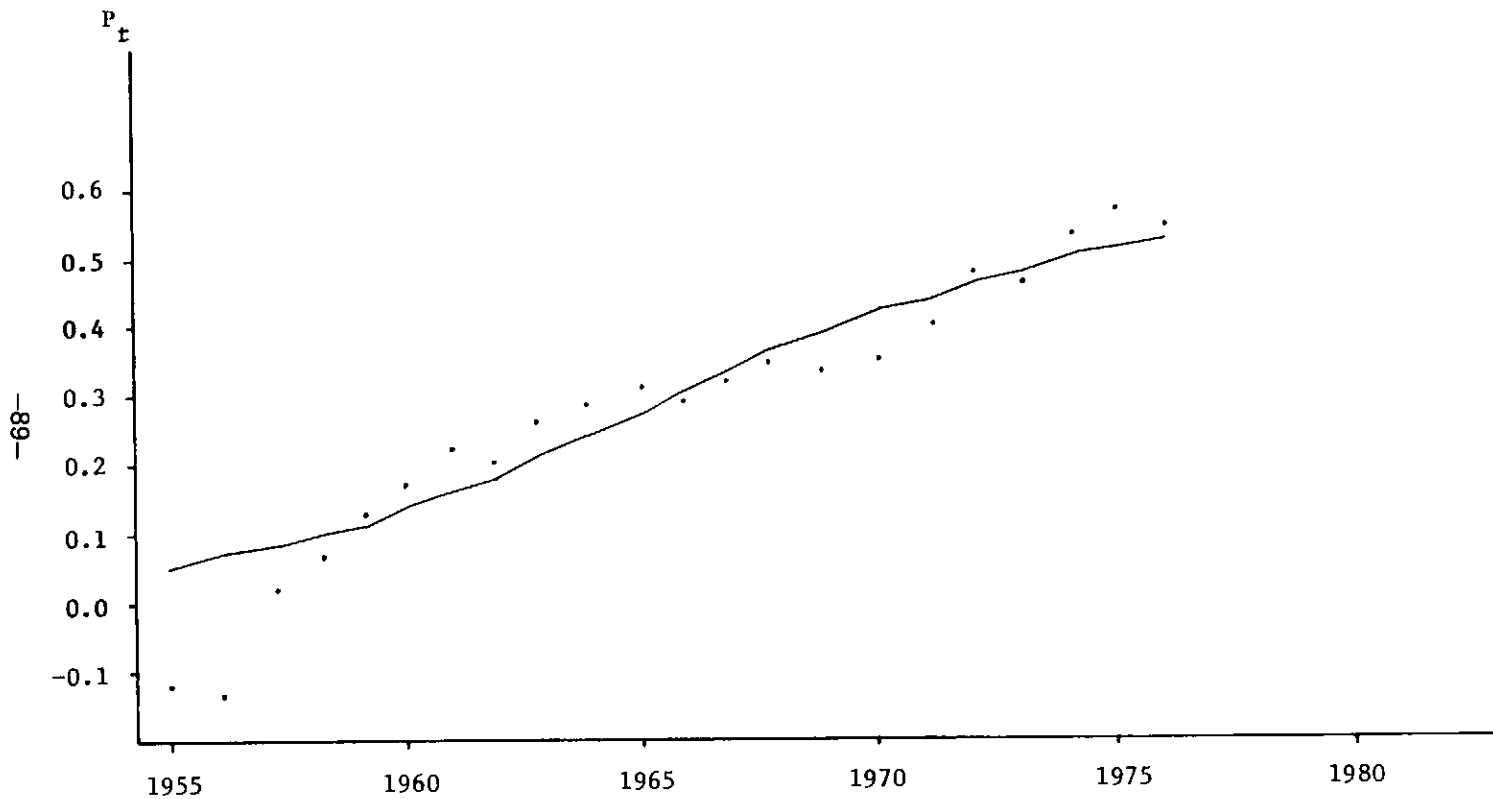


FIGURA 7. - Curva Logística para a Cultura do Milho.

ou seja, quanto maior o b para iguais K e P_t , mais acelerado será o processo de adoção. GRILICHES (2) mostra que o valor desse parâmetro está relacionado diretamente com as condições de lucratividade das técnicas novas vis-à-vis as técnicas antigas de produção. Quanto maior for o diferencial de lucratividade da técnica nova em relação à técnica antiga, mais rápido se dá o processo de adoção e, portanto, maior deverá ser o b .

Dentre os resultados encontrados, chama a atenção os relativos às culturas perenes (café e laranja), dada a diferença de magnitude constatada entre os valores de b , respectivamente, de 0,16 e 0,46. Normalmente, as características da pesquisa em culturas perenes são bem distintas das características da pesquisa em culturas anuais, necessitando-se, naquele caso, de mais anos de trabalho e observação e de maiores investimentos até a obtenção de uma nova variedade (6).

Além disso, supõe-se também que a adoção da nova tecnologia seja mais lenta e difícil nas culturas perenes, visto existir um estoque de plantas em produção, que introduz uma inércia na mudança tecnológica, pois não existe todo ano, para cada agricultor, decisão sobre qual variedade utilizar (4). Ou seja, ocorreria maior defasagem de tempo entre a época da introdução da inovação (principalmente novas variedades), a sua adoção e os possíveis efeitos em termos de aumento de produtividade, refletindo-se numa menor velocidade da taxa de adoção, isto é, num menor valor de b , a exemplo do encontrado para o café. O fato do café ter mostrado o parâmetro b tão baixo provavelmente está relacionado com as próprias características da cultura, que requer de três a quatro anos de maturação dos pés até a entrada em produção, permanecendo anos em plena produção, o que certamente cria uma maior resistência a qualquer processo de transformação mais radical.

Todavia, a despeito das considerações acima serem também válidas para a laranja, o maior valor de b encontrado para essa cultura indica que a mesma sofreu um processo de transformação bem mais rápido que o observado para o café.

De fato, informações relativas ao desenvolvimento da citricultura paulista nos últimos quarenta anos atestam que a cultu-

ra da laranja enfrentou sérios problemas de doenças, em particular a "tristeza" na década de 40, que determinou a redução à lenha de mais de 80% dos laranjais paulistas. Desse modo, fica evidente que a sobrevivência da citricultura no Estado dependeu da pronta e total substituição das antigas variedades, com a descoberta de novo porta-enxerto tolerante à "tristeza". Nos anos 60 e 70, o processo de novas variedades se acentua com a intensa formação de novos pomares em bases mais técnicas, provavelmente em resposta ao maior estímulo existente à exportação do produto, resultando na ampla expansão da área com a cultura no Estado.

Dentre as culturas anuais, o maior valor de b obtido para o algodão implica uma maior velocidade de adoção de novas tecnologias, o que se mostra consistente com o maior ritmo de inovações tecnológicas resultantes de diversos trabalhos de pesquisa conduzidos em São Paulo (12). Todavia, apesar de bastante beneficiada com inovações tecnológicas em relação às demais culturas, fato que se reflete no contínuo crescimento do rendimento (principalmente, a partir dos anos 60), chama a atenção o firme declínio da área com o produto, constatado desde meados da década de 40. Diversos fatores têm sido apontados como concorrendo para essa redução, como por exemplo: a maior rentabilidade da cultura da soja em relação ao algodão; elevação dos custos de produção, devido à participação crescente de fertilizantes, corretivos e defensivos agrícolas (1); descontinuidade do processo de inovações tecnológicas na cultura do algodão e a expansão crescente da área cultivada com laranja, soja e cana-de-açúcar, repercutindo em mudanças na composição da produção agrícola do Estado (4). Porém, as causas da acentuada redução da área com algodão não são claras e uma investigação mais cuidadosa a esse respeito deve ser tentada.

Para a soja, talvez a baixa magnitude de b esteja relacionada ao fato dessa cultura ter sido introduzida já com um "pacote" tecnológico completo (novas variedades produtivas e adaptadas,

(12) Em relação aos demais Estados, São Paulo tem-se mantido sozinho no processo de geração de inovações tecnológicas específicas à cultura do algodão (4).

alto grau de mecanização do cultivo e colheita, uso intensivo de insumos agrícolas, etc.), consistente com o adiantado nível de desenvolvimento alcançado pela pesquisa com o produto no Estado. Além disso, a sua difusão como cultura comercial foi lenta e só a partir dos anos 60 é que se verifica a acentuada expansão da área cultivada com soja em São Paulo. Assim, supõe-se que sendo cultura de introdução relativamente recente e já apoiada num conjunto de inovações tecnológicas, a sua adoção, por parte do agricultor, deve ter se caracterizado mais por pequenas alterações deste conjunto de inovações do que propriamente pelo abandono de antigas técnicas que tenham caído em desuso.

Para a cana-de-açúcar, os motivos para o valor de *b* estimado ser menor não são claros. Provavelmente, isto pode ser devido à pequena evolução apresentada pelo rendimento ao longo de todo o período analisado, a despeito de importantes inovações introduzidas na década de 20, quando a cultura teve graves problemas de doenças e que redundaram na substituição das variedades predominantes na época.

Por sua vez, os inexpressivos aumentos do rendimento, em parte, se justificam pela manutenção, até o final da década de 70, de antigas variedades (CB 41/76, CB 49/260, etc.), seguidas pela variedade NA e pelas IAC, o que mostra, de um lado, a não introdução de novas variedades em períodos mais recentes. Por outro lado, tal fato evidencia a importância da importação de conhecimentos para a cultura da cana-de-açúcar no passado, como também se constata na atualidade (8). Nesse sentido, sabe-se que nos últimos anos estão sendo liberadas variedades importadas, como a NA 56-79 (Argentina), ocupando, em 1979, cerca de 26% da área total com a cultura no Estado de São Paulo (5).

Observa-se, também, que as atividades de pesquisa na área de genética e melhoramento, responsáveis pela introdução de novas variedades, voltam a ser enfatizadas na década de 70, ao mesmo tempo que a área cultivada com a cultura passa a se ampliar acentuadamente. Entretanto, os possíveis efeitos em termos de aumentos do rendimento com a adoção de novas variedades, dado o pequeno intervalo de tempo decorrido, não permitem uma avaliação mais precisa desses ganhos de produtividade.

Resumindo, segundo GRILICHES (2), o parâmetro b (coeficiente da taxa de adoção) está relacionado com as características de lucratividade da nova técnica vis-à-vis a técnica antiga. Essa hipótese está sendo apoiada, em geral, pelas observações feitas com relação às seis culturas estudadas. O maior valor de b , encontrado para a laranja, indica que foi esta cultura que apresentou maior diferencial de lucratividade entre as técnicas. A evidência histórica comprova exatamente isso. A ocorrência da virose "tristeza", na década de 40, comprometeu seriamente a sobrevivência da cultura no Estado de São Paulo. Assim, a mudança de variedades foi imperativo econômico para a manutenção da cultura.

Com relação ao segundo produto apresentando maior valor de b , o algodão, duas razões podem ser apontadas como condicionantes deste fato. Em primeiro lugar, deve-se salientar o papel da demanda do setor têxtil que, ao mesmo tempo que garantia uma contínua expansão do mercado para o produto, tornou-se cada vez mais exigente com relação à qualidade e tamanho da fibra. Em segundo lugar, ressalta-se o papel da pesquisa agrônômica que colocou quantidade considerável de novas variedades à disposição e uso dos agricultores.

Para o milho, com terceiro maior valor de b , é bastante conhecida a maior produtividade das variedades híbridas em relação às variedades comuns, o que deve explicar a posição relativa do coeficiente da taxa de adoção do milho.

Com respeito ao café, o fato de ser uma cultura perene — portanto, resistente a um processo de mudança mais acelerado — além de não ter sofrido, como a laranja, problemas com doenças que tivessem comprometido a manutenção da cultura, explicam por si só o fato do coeficiente de adoção não ser tão elevado quanto o da laranja e do algodão.

No caso da soja, penúltimo valor de b , a despeito do sucesso comercial da cultura, esta foi introduzida com um conjunto de técnicas bastante aprimoradas e, assim, as inovações introduzidas afetaram apenas marginalmente a cultura.

Finalmente, para a cana-de-açúcar, verifica-se a manutenção até recentemente de antigas variedades, na sua maioria

variedades adaptadas, fato que denota a importância da importação de conhecimentos e de variedades relativos à cultura.

Com relação ao K , GRILICHES (2) mostrou que o mesmo se encontra associado não somente às condições de lucratividade das culturas, mas também com a distribuição desta entre os vários agricultores, ou seja com as condições de risco.

Os resultados encontrados salientam para todas as culturas estudadas, exceto milho, valores bastante semelhantes entre si e próximos da unidade, significando, portanto, igualdade de condições da distribuição da lucratividade entre os vários adotantes. O caso que chama maior atenção, milho, com uma taxa de adoção de equilíbrio em torno de 60%, mostra claramente uma das características desta cultura no Estado de São Paulo. Coexistem no Estado tanto o produtor em larga escala atendendo à demanda industrial, como também o pequeno produtor voltado para a produção de subsistência, em que a cultura do milho é complementar de uma série de outras atividades.

Foi visto que o parâmetro a posiciona a curva no eixo horizontal, estando diretamente relacionado com o início do processo de adoção tecnológica. Os fatos históricos relacionados com as datas de início do processo, constantes no quadro 1, são os seguintes: para a cana-de-açúcar, no final da década de 40 o "carvão" precipitou a substituição das variedades javanesas, predominantes na época, por variedades indianas e brasileiras. Para o algodão, o final dos anos 40 e início da década de 50 coincide com o crescimento significativo da demanda de algodão pelo setor têxtil nacional e a introdução de novas variedades. O início da década de 50 marca, para o café, a introdução da variedade "Mundo Novo", que constitui importante marco para o desenvolvimento da cafeicultura no Estado. A partir da segunda metade dos anos 50, tem-se a introdução em escala comercial das variedades híbridas de milho. No mesmo período, a cultura da soja passa a se expandir em escala comercial apoiada em um conjunto de inovações tecnológicas específico à sua cultura. Por volta do ano de 1955, dá-se início à introdução dos clones nucelares na citricultura paulista.

Concluindo, os resultados obtidos nos coeficientes

estimados das funções logísticas refletem importantes diferenças na evolução das culturas. Esses resultados ganham relevo quando interpretados à luz do histórico de cada cultura (13).

5 – CONCLUSÃO

A adoção de inovações tecnológicas na agricultura resulta, quase sempre, de múltiplas inovações introduzidas pelos agricultores e que podem se originar da contribuição dada pelas instituições de pesquisa através da contínua geração de novos conhecimentos, pela pesquisa agrícola.

Entende-se, também, que a adoção de uma inovação isolada pode não conduzir a melhorias na produtividade, condicionando a sua validade à adoção conjunta de outras práticas.

Orientou-se o presente estudo para a escolha da função logística, admitindo-se ser esta a que melhor representaria o processo de adoção de inovações tecnológicas, baseando-se isto nos resultados do trabalho desenvolvido por GRÍLICHES (2).

Por sua vez, o uso de tal função implicaria a necessidade de se obter informações detalhadas sobre uma dada inovação, sobre a identificação precisa dessa inovação e da proporção de área cultivada sob a mesma, informações que, em geral, só seriam obtidas através de levantamentos onerosos e demorados.

Diante da inexistência dessas informações para a agricultura paulista e das dificuldades e custos para tentar obtê-las, buscou-se superar essa limitação através do seguinte procedimento: primeiramente, utilizou-se a variável rendimento (médias móveis) como "proxy" da proporção da área plantada sob nova tecnologia (12). Definiu-se, para cada produto estudado, dois níveis de rendimento (relativos à alta e à baixa tecnologia), e a partir dessa hipótese transformou-se a variável rendimento numa escala de 0 a 1, que caracte-

(13) Análise mais detalhada da evolução tecnológica e da pesquisa agrícola relativa a cada produto estudado, ver SANTOS (10).

rizaria a proporção da área total cultivada sob a nova tecnologia, isto é, P_t .

Uma crítica a esse procedimento é que a curva de P_t nada mais é que a própria curva de rendimento na nova escala, embora se saiba que tal "proxy" deva provavelmente acompanhar bem de perto o P_t verdadeiro.

Outro aspecto envolvido refere-se ao fato de que a análise restringe-se às inovações tecnológicas que interferem na produtividade da terra, como por exemplo o uso de sementes melhoradas e de fertilizantes, ou seja, tanto aquelas diretamente ligadas à melhoria da produtividade, como as responsáveis pela manutenção desta.

Tendo em vista que o aumento do rendimento reflete, na maioria das vezes, a atuação da pesquisa agrícola essencialmente do tipo poupadora de terra, considerou-se, então, a relação existente entre o volume de pesquisa destinada aos seis produtos estudados e os ganhos de produtividade observados no período. Deste confronto ficou bastante claro que existe uma estreita relação entre a maior ênfase dada à pesquisa com o produto e o maior crescimento da produtividade no total do período e nos diversos subperíodos.

Também na tentativa de melhor caracterizar a adoção de inovações tecnológicas, estendendo-a para o caso de insumos (fertilizantes e defensivos agrícolas) e de máquinas e implementos agrícolas, foram utilizadas indicações indiretas quanto ao momento mais favorável à adoção destes, dada a relação de preço pago pelos insumos e preço recebido pelos produtos (14). Averiguou-se, assim, que, em geral, a relação mais favorável ao maior emprego de insumos e maquinaria foi registrada no final da década de 60 e início dos anos 70.

Os resultados encontrados mostraram, de certo modo, a importância da pesquisa agrícola e seus efeitos na elevação dos

(14) A idéia que se tem é que uma relação de preço favorável serviria de incentivo ao uso de insumos e de maquinaria agrícola.

níveis de produtividade. Ao mesmo tempo, o presente trabalho procurou ressaltar a importância de focar a adoção de inovações tecnológicas através da análise de séries de rendimento, somando-as às informações históricas sobre o processo de adoção de inovações tecnológicas a nível de produtos.

Essa relação, pesquisa agrícola e nível de rendimento, mostra a fecundidade desta para auxiliar a agricultura a responder satisfatoriamente à meta dela esperada na atualidade: o aumento da produção de alimentos, de produtos exportáveis e de substitutos para o petróleo importado.

Finalmente, deve-se ressaltar também que o desenvolvimento no “estado das artes” de como produzir — desenvolvimento este advindo da pesquisa agrícola — por si só não garante o aumento da produtividade na agricultura. É necessário também que esses novos conhecimentos sejam adotados. Ganha, portanto, relevo o estudo dos condicionantes que levam os agricultores a abandonar as técnicas antigas em favor das modernas. E é precisamente nesta linha de pesquisa que se pretende complementar o presente trabalho.

LITERATURA CITADA

1. FREIRE, E.C.; MOREIRA, J.A.N.; MEDEIROS, L.C. Contribuição das ciências agrárias para o desenvolvimento: o caso do algodão. *Revista de Economia Rural*, Brasília, 18(3): 383—413, jul./set. 1980.
2. GRILICHES, Z. Hybrid corn: an exploration in the economics of technological change. In: FOX, Karl A. & JOHNSON, D. Gale. *Readings in the economics of agriculture*. Illinois, Richard D. Irwin, 1969. p.221—43.
3. HOMEM DE MELO, F.B. A agricultura de exportação e o problema da produção de alimentos. *Estudos Econômicos*, São Paulo 9(3):101—122, 1979.

4. HOMEM DE MELO, F.B. *O problema alimentar no Brasil: a importância dos desequilíbrios tecnológicos.* São Paulo, Paz e Terra, 1983.
5. MARTIN, N.B. et alii. *Geração de tecnologia e desenvolvimento de algumas culturas no Estado de São Paulo.* São Paulo, Secretaria de Agricultura e Abastecimento, IEA. (relatório de pesquisa em andamento)
6. MORICOCHI, L. *Pesquisa e assistência técnica na citricultura: custos e retornos sociais.* Piracicaba, ESALQ/USP, 1980. 65p.
7. MUELLER, C.C. Os preços relativos de fatores e as tecnologias poupadoras de mão-de-obra na agricultura brasileira. *Pesquisa e Planejamento Econômico*, Rio de Janeiro, 6(3): 767–85, 1976.
8. PASTORE, J.; DIAS, G.L. da S.; CASTRO, M.C. Condicionantes da produtividade da pesquisa agrícola no Brasil. *Estudos Econômicos*, São Paulo, 6(3):147–82, 1976.
9. SANDERS, J.H. & RUTTAN, Y.W. Biased choice of technology in brazilian agriculture. In: BISWANGER, H.P. et alii. *Induced innovation: technology, institutions and development.* Baltimore, The Johns Hopkins Press, 1978. p.276–96.
10. SANTOS, Z.A.P.S. *Adoção tecnológica na Agricultura Paulista.* São Paulo, FEA/USP, 1983. 132p.
11. SILVA, G.L.S.P.; FONSECA, M.A.S.; MARTIN, N.B. *Pesquisa e produção agrícola no Brasil.* São Paulo, Secretaria da Agricultura, IEA, 1979. 78p. (Relatório de Pesquisa, 17)

12. VERA F^o, F. *A study of change in North Caroline peanut, production, process.* Raleigh, North Caroline State University, 1976. 128p.

TECHNOLOGICAL ADOPTION IN SÃO PAULO AGRICULTURE

SUMMARY

The growth of agricultural's productivity is a major issue related to the tasks assigned to the agricultural sector in the 80's in Brazil. This growth does not occur by chance but it is, in general, the outcome of a technological adoption process.

The objective of this study was to understand how this process of growth in agricultural's productivity is related to technological adoption. Data for six products (coffee, cotton, sugar cane, citrus, soybeans and corn) for the State of São Paulo were analysed and a logistic function was estimated for each product. These functions are a convenient way to summarize the data, since the differences in the technological adoption process among the six products are reflected in the parameters of the logistic functions. The results were analysed in contrast with the historical evidences of technological development of each product and agricultural's research to each of them. These results showed clearly the import role of the agricultural's research to raise the productivity in the agricultural sector.



Governo do Estado de São Paulo
Secretaria de Agricultura e Abastecimento
Instituto de Economia Agrícola