

AGRICULTURA EM SÃO PAULO Revista Científica do
Instituto de Economia Agrícola

Ano 38

Tomo 3

1991

ALGODÃO: PESQUISA AGRÍCOLA E PRODUTIVIDADE NO ESTADO DE SÃO PAULO(1)

Zuleima Alleoni Pires de Souza Santos(2)

Maria Auxiliadora de Carvalho(2)

César Roberto Leite da Silva(2)

RESUMO

Este trabalho analisa as mudanças na produtividade do algodão, no Estado de São Paulo, no período 1931-89, com ênfase no papel da pesquisa agrícola. Um modelo função de transferência foi usado para estimar os deslocamentos da série de produtividade do algodão relacionados com o uso de sementes melhoradas. Os resultados corroboram a hipótese testada de que a pesquisa é importante para o desenvolvimento da agricultura. O uso das variedades IAC-12, IAC-17 e IAC-20 aumentou significativamente a produtividade do algodão. Essas três variedades são responsáveis por cerca de 66% dos níveis atuais de produtividade da cultura.

Palavras-chave: pesquisa agrícola, produtividade, algodão, função de transferência.

COTTON: AGRICULTURAL RESEARCH AND PRODUCTIVITY IN SAO PAULO STATE

SUMMARY

This paper analyses the changes in cotton productivity from 1931 to 1989, in the State of São Paulo, emphasizing the role agricultural research plays in this process. A transfer function model was used to estimate the changes in cotton productivity which are related to the use of high quality seeds by cotton growers. The results confirm the tested hypothesis that research plays a very important role in agricultural development. The use of varieties such as IAC-12, IAC-17 and IAC-20 by the farmers increase significantly the cotton productivity. Presently, these three varieties are responsible for about 66% of the present levels of productivity.

Key-words: agricultural research, public research, productivity, cotton, transfer function model.

(1) Trabalho referente ao projeto SPTC 16-008/91, tendo sido apresentado no XXIX Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural (SOBER), no período de 28/07 a 01/03/91, em Campinas, São Paulo. Os autores agradecem os comentários e sugestões de Francisco A. Pino do IEA e de Imre L. Gridi-Papp e Milton G. Fuzatto do Instituto Agrônomico. Recebido em 17/06/91. Liberado para publicação em 18/12/91.

(2) Pesquisador Científico do Instituto de Economia Agrícola (IEA).

1 - INTRODUÇÃO

O Estado de São Paulo é um dos principais estados produtores de algodão da Zona Meridional(3), onde a superioridade de produção e produtividade se deve a vários aspectos, como o uso de sementes selecionadas na totalidade da área de plantio, condições climáticas satisfatórias e emprego de tecnologias adequadas.

Todavia, o declínio acentuado da área cultivada com o produto tem sido uma característica marcante da cotonicultura paulista, passando de uma média anual de 419,84 mil hectares, no decênio 1970/79, para 313,19 mil hectares em 1980/89, decrescendo 25,40% no total do período (quadro 1). Anteriormente, foram verificadas reduções mais acentuadas, como por exemplo em 1950/59 e 1960/69, com quedas respectivas de 34,90% e 34,77%. Em anos mais remotos, culturas como a do amendoim, arroz e milho e mais recentemente, soja e cana-de-açúcar, passaram a substituir o cultivo do algodão no Estado.

Não é uma tarefa fácil apontar claramente as causas da redução da área de plantio com algodão em São Paulo. Alguns autores consideram, numa análise tentativa, certos fatores como causas prováveis desse acontecimento: descontinuidade do processo de inovações tecnológicas na cultura; mudanças na composição da produção agrícola do Estado (incluindo os casos da laranja e soja); estabilidade ou queda de preços internacionais de produtos de exportação, entre os quais o do algodão; elevado custo de produção; alta incidência de pragas e doenças, tornando o cultivo do algodão uma atividade

pouco rentável em algumas regiões do Estado, HOMEM DE MELO (16), PASTORE; DIAS; CASTRO (21). -

Com relação à produção, observa-se que a mesma manteve-se praticamente inalterada entre as décadas de 70 e 80, passando de uma produção média anual de 539,29 mil toneladas em 1970/79 para 573,45 mil toneladas em 1980/89, o que representa um acréscimo de apenas 6,33% no período. Essa variação positiva, embora pequena, é bastante significativa, tendo em vista a redução observada na área de plantio no mesmo período. Este comportamento da produção resulta diretamente do aumento de produtividade.

De fato, de modo diverso, observa-se que a evolução da produtividade do algodão em São Paulo tem apresentado um comportamento bastante satisfatório, principalmente nos últimos vinte anos, elevando-se de 1.344,31kg/ha em 1970/79 para 1.832,32kg/ha no período 1980/89, crescendo 36,30% entre 1970 e 1989 (quadro 1).

Por outro lado, grande parte dos aumentos de produtividade observados tem sido creditados à adoção de inovações tecnológicas específicas ao produto e geradas pela pesquisa agrônoma, SANTOS (23).

O Estado de São Paulo, além de ser importante produtor de algodão herbáceo, tem patrocinado um programa eficaz de pesquisa com o produto, cujo impulso básico foi aumentar o rendimento e a percentagem e comprimento das fibras, através do desenvolvimento e uso de variedades melhoradas, AYER & SCHUH (3).

Nesse sentido, é objetivo desse estudo avaliar o impacto da pesquisa agrônoma realizada pela Secretaria

(3) A Zona Meridional é composta pelos Estados de São Paulo, Paraná, Minas Gerais, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, e Goiás, onde se concentra o cultivo do algodão herbáceo, especializada na produção de fibras médias e curtas.

QUADRO 1. - Área, Produção e Rendimento da Cultura do Algodão, Estado de São Paulo, 1931-89

Período	Área		Produção(1)		Rendimento	
	(1.000 ha)	Taxa de variação	(1.000 t)	Taxa de variação	(kg/ha)	Taxa de variação
1931-39	620,25		435,26		713,21	
1940-49	1.437,53	131,76	903,35	107,54	618,18	-13,32
1950-59	935,78	-34,90	600,42	-33,53	662,19	7,12
1960-69	610,41	-34,37	620,31	3,31	1.026,08	54,95
1970-79	419,84	-31,22	539,29	-13,06	1.344,31	31,01
1980-89(2)	313,20	-25,40	573,45	6,33	1.873,32	36,30

(1) Algodão em caroço.

(2) Dado preliminar sujeito à retificação.

Fonte: Dados elaborados a partir de SILVA; CASER; VICENTE (28).

ria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, no período de 1931 a 1989, e disseminada através do emprego de variedades melhoradas de algodão.

Para tanto, inicia-se esse trabalho com algumas considerações teóricas sobre o papel desempenhado pela pesquisa agrícola no desenvolvimento de novas tecnologias. Prossegue-se com uma caracterização geral do esforço de pesquisa com algodão em São Paulo. A seguir, é apresentado um modelo que permite mensurar o desempenho das principais variedades de algodão no período analisado. Finalmente, trata-se de sumariar os principais resultados e observações obtidas no presente estudo.

2 - ASPECTOS TEÓRICOS

Um dos primeiros trabalhos a tratar das relações entre pesquisa e o

desenvolvimento da agricultura destacou a educação e os gastos públicos em pesquisa agrônômica e extensão como determinantes do aumento da produtividade agrícola, GRILICHES (12). Este mesmo autor inaugurou uma linha de pesquisas que buscava avaliar os retornos sociais líquidos do dispêndio em pesquisa ao estudar o caso do milho, no Estados Unidos (13). AKINO & HAYAMI (2) realizaram esforço semelhante ao analisar o arroz, no Japão. Esta linha de trabalho estimulou pesquisas também no Brasil. AYER & SCHUH (2) estudaram, num trabalho, pioneiro, a pesquisa do algodão no Estado de São Paulo. Mais adiante, FONSECA (8) e MORICÓCHI (19) avaliaram os retornos sociais da pesquisa no café e na citricultura, respectivamente. Estes trabalhos, de modo geral, concluíram que os gastos com pesquisa que geram inovações tecnológicas apresentam ganhos sociais agregados líquidos, e de certa forma, confirmaram as idéias de SOLOW (30) e, em especial, de GRILICHES (12) para o setor agrícola, de que o progresso

tecnológico é essencial para o desenvolvimento econômico.

As inovações tecnológicas representam um papel crucial no desenvolvimento do setor agrícola. Possivelmente, a teoria da modernização seja a que mais claramente colocou esta questão. Tributária das idéias de SCHULTZ (25), que explicava a estagnação da agricultura pela baixíssima taxa de retorno dos fatores de produção tradicionais, o que não estimularia a formação de poupança adicional, essa teoria propõe a modernização do setor, com o emprego de insumos e fatores altamente produtivos, como fertilizantes químicos, sementes melhoradas e máquinas, como forma de desenvolver a agricultura. HAYAMI & RUTTAN (14) ampliaram a teoria da modernização, argumentando que o mercado dos fatores de produção, através de seus preços relativos, condiciona o desenvolvimento tecnológico da agricultura. O fator mais escasso teria o preço mais elevado, estimulando, assim, pesquisa com o propósito de poupá-lo. Em seu livro, os autores citam exemplos das agriculturas dos Estados Unidos e do Japão, que se modernizaram enfatizando inovações mecânicas e biológicas para poupar os fatores trabalho e terra, respectivamente.

No Brasil, o Estado de São Paulo foi pioneiro em adotar medidas concretas com o objetivo de modernizar sua agricultura, como a criação em 1906 do Patronato Agrícola, preocupado com a formação de recursos humanos para o setor(4), e um substancial programa de pesquisas na área agrônômica. Possivelmente, isso explique a relativa abundância de trabalhos explorando os gastos públicos com pesquisa, como os já citados AYER & SCHUH (3), FONSECA (8) e MORICCHI (19). Dois estudos mais recentes exploraram

aspectos diferentes da pesquisa agrícola.

SANTOS (23) estimou funções logísticas para estudar o processo de adoção tecnológica na agricultura paulista até 1980, de culturas anuais e perenes. As estimativas dos parâmetros dessa função fornecem informações interessantes como: o período de início do processo de adoção da nova tecnologia, que está relacionado com sua disponibilidade; a taxa do coeficiente de adoção, que reflete a velocidade em que se dá o processo; e a taxa de adoção de equilíbrio, que indicaria a parcela da cultura produzida segundo a nova tecnologia. Dentre as culturas anuais, o algodão apresentou a maior velocidade de adoção de novas tecnologias, e uma taxa de adoção de equilíbrio próxima da unidade, muito semelhante às outras culturas anuais, com exceção do milho, cujo resultado foi próximo de 0,6. O período que compreende o final da década de 40 e o início da seguinte registra o princípio do processo de adoção.

SILVA (27), por sua vez, analisou os efeitos dos investimentos em pesquisa agrícola, sobre o rendimento de um conjunto de diversas culturas no Estado de São Paulo, encontrando uma correlação positiva e defasada entre essas variáveis. De modo geral, pode concluir que há uma defasagem média de 7,5 a 10 anos entre os gastos com pesquisa e seus efeitos sobre os níveis de produtividade das culturas.

Em outro trabalho, SILVA (26) estudou a evolução da produtividade agrícola em conexão com o progresso tecnológico resultante da pesquisa agrícola ao nível de culturas específicas. Relacionou o comportamento dos respectivos rendimentos ao esforço de pesquisa dirigido a cada produto, mediante o número de artigos científi-

(4) Uma apresentação da ação institucional desse Estado, visando desenvolvimento agrícola, em especial no caso de sementes melhoradas, pode ser encontrada em FERREIRA *Fo.* (7) e LEITE DA SILVA (17).

cos publicados. Comprovou discrepâncias de rendimento, com ganhos mais expressivos no caso de produtos exportáveis, entre os quais o algodão, e dentre os produtos domésticos, no caso de hortaliças e frutas. Os produtos alimentares básicos apresentaram os piores resultados.

3 - ALGUNS ASPECTOS DA PESQUISA COM ALGODÃO NO ESTADO DE SÃO PAULO

Por volta de 1930, devido à grande crise do café na agricultura paulista, o algodão se fixou no Estado de São Paulo como cultura de importância econômica, encontrando aqui condições ambientais favoráveis ao seu desenvolvimento. Até então a cotonicultura paulista tinha experimentado fases de expansão e recessão, surgindo com relativo impulso quando condições econômicas favoreciam o seu incremento, como por exemplo, na Guerra de Secessão Americana em 1865/1872, MARIANNO (18).

Desde 1924, antes mesmo da queda do café em São Paulo, com a criação da Seção do Algodão no Instituto Agrônomo, já vinham sendo desenvolvidos trabalhos de experimentação e de melhoramento genético relativos ao algodoeiro, que possibilitaram, em anos posteriores, a distribuição de sementes selecionadas aos agricultores paulistas.

Nessa data, foi definida como principal tarefa da pesquisa com o produto, a obtenção de variedades que produzissem fibras de 28-30mm, visando atender exigências do mercado externo e da indústria têxtil, FREIRE; MOREIRA; MEDEIROS (9). Assim, em 1926, eram entregues os primeiros estoques de sementes aos chamados "órgãos de cooperação", para multiplicação e posterior distribuição aos agricultores, possibilitando já em 1929, a eliminação das variedades superadas.

A partir de 1930, a cotonicultura do Estado apoiou-se em técnicas modernas e pesquisas regionais e de 1934 em diante, toda a sua lavoura era desenvolvida com variedades paulistas. Nesse mesmo ano, foi regulamentada a distribuição de sementes de algodão que passou a ser privativa do Estado, PASSOS (20). Ao mesmo tempo, a grande crise cafeeira de 1929, liberando terra e mão-de-obra, criou condições para que o algodão, com tecnologia agrícola já disponível, se estabelecesse como uma cultura economicamente importante.

A expansão da cultura, todavia, foi prejudicada pelo alastramento de pragas ainda no final dos anos 30 e de condições climáticas adversas na década seguinte. Na tentativa de melhorar a produtividade da cultura, por volta de 1946 foi introduzida a variedade IAC-817, que contribuiu para o rápido restabelecimento dos níveis de produtividade nas safras iniciais da década de 50 (23).

A IAC-817 permaneceu na lavoura até 1956, quando foram introduzidas sucessivamente as variedades IAC-8, IAC-9, IAC-10 e IAC-11, que atendiam melhor as exigências da indústria quanto ao comprimento da fibra, CAVALERI (6).

A variedade IAC-12, que predominou na lavoura a partir de 1962/63, destacou-se por sua alta produtividade, contribuindo para melhorar outras características tecnológicas, além de comprimento, tamanho de capulho e aspecto de campo (6).

A presença das variedades do Instituto Agrônomo contribuiu sobremaneira para a nova conceituação do algodão brasileiro da Zona Meridional. Daí para frente, firmou-se o conceito do algodão paulista, do que resultou o fato das cotações internacionais tomarem por base o algodão "São Paulo Tipo 5", PASSOS (20). O número de variedades lançadas por aquele instituto atesta o esforço da pesquisa na manutenção dos elevados níveis de produtividade até então alcançados (quadro

2).

No final da década de 50 o aparecimento da murcha de Fusarium, constatada pela primeira vez no município de Santo Expedito (SP), chegou a colocar em risco a continuidade da cotonicultura paulista. A pesquisa agro-nômica respondeu ao desafio obtendo as variedades RM (resistentes à murcha), com destaque para a IAC-RM-3, de 1963, que propiciou a manutenção da cultura em áreas consideradas impróprias para o algodoeiro. Com isso, foi possível manter a produtividade do algodão dentro de níveis satisfatórios. A partir de 1970, mais precisamente com o lançamento da IAC-16, todas as variedades seguintes mostraram resistência à murcha, além de maior produtividade e melhor qualidade de fibra.

Mais recentemente, a infestação do "Bicudo" (*Anthonomus grandis*), constatado primeiramente no município de Jaguariúna (SP) em 1983, representou outro desafio para a pesquisa com o produto. A resposta desta vez veio não sob a forma de um novo cultivar(5), mas através de medidas culturais adequadas, incluindo o plantio de variedades precoces e tratamento químico específico para o controle da praga.

Do ponto de vista do melhoramento, as atividades de pesquisa com algodão, iniciadas na década de vinte, prosseguem na atualidade e as variedades, até então obtidas, mostram-se continuamente adaptadas às exigências de mercado e às diversas condições de cultivo. Cabe lembrar que, no caso do algodão, a possibilidade de importação de conhecimento foi devidamente aproveitada, facilitando e reduzindo o tempo necessário à obtenção de variedades com as características desejadas, HOMEM DE MELO (15).

O lançamento da IAC-17, em 1975, se deu num momento em que a cultura encontrava-se em acelerado processo de redução de área e elevados custos de produção. Sua elevada produtividade, 30% superior aos cultivares anteriormente lançados e alta resistência à murcha, fê-la responsável pela manutenção da cultura em São Paulo, a exemplo das variedades RM na década anterior.

Por ter grande aceitação entre os agricultores, foi lenta a introdução de outras variedades em substituição a IAC-17, que permaneceu em cultivo até 1985, quando foi então substituída pela IAC-19 e IAC-20 (quadro 3). Vale lembrar que, sendo a distribuição de sementes um monopólio estatal, é possível avaliar a quantidade de sementes vendidas, bem como a permanência em cultivo de uma determinada variedade.

A elevação da produtividade das lavouras no Estado, obtida com o início do plantio da IAC-17, por volta de 1979, manteve-se nos anos seguintes com a introdução das variedades IAC-18, IAC-19 e IAC-20. O rendimento médio deslocou-se de 653kg/ha em 1931/58 para 1.892kg/ha em 1985/89 (figura 1), correspondendo a um acréscimo de cerca de 190%. Atualmente, a IAC-20 responde por 90% da área cultivada do Estado.

A IAC-20 não só herdou o potencial produtivo da IAC-17, da qual se origina, como o ampliou expressivamente, em mais de 30%. O resultado obtido em ensaio nacional de variedades de algodão herbáceo no Estado de São Paulo, em 1986/87, conduzido em diversas condições de solo, clima e incidência de pragas e moléstias, mostrou a superioridade da IAC-19 e IAC-20 quanto à produção e demais características agrônômicas. Quando ocorreram bi-

(5) Não são conhecidas fontes de resistência genética do algodoeiro ao bicudo nem organismos que, biologicamente, o controlem com eficiência, SOUZA (31).

QUADRO 2. - Variedades Distribuídas pela Seção do Algodão, Instituto Agrônômico, Estado de São Paulo, 1932-83

Nome	Entrega inicial	Origem
IA 7378	1932	Express
IA 7470	1932	Express
IA 054	1934	Texas Bigboll
IA 028	1934	Texas Bigboll
IA Piratininga 086	1936	Texas Bigboll
IA 21077	1938	IA 7470
IA Campinas 817	1945	Stoneville 2B
IAC 8	1956	Stoneville 2B
IAC 9	1958	Stoneville 2B x Delfos
IAC 10	1957	Delta Pineland
IAC 11	1956	IA 7387
IAC 12	1959	Stoneville 2B x Delfos
IAC 12-1	1963	IAC 12
IAC 12-2	1965	IAC 12
IAC RM1	1960	Auburn 56
IAC RM2	1961	Rex Cotton
IAC 13	1963	Acala 5675
IAC RM3	1963	Auburn 56
IAC RM4	1964	Auburn 56
IAC RM3 SM4	1969	IAC RM3
IAC 16	1974	IAC RM4
IAC 17	1975	IAC RM3
IAC 18	1977	Acala 5675 x Nu 16
IAC 19	1980	IAC RM3 x Yucatenense x Tni-Hoa
IAC 20	1983	IAC 17

Fonte: O Agrônômico (1), FREIRE; MOREIRA; MEDEIROS (9) e informes verbais de Imre L. Gridi-Papp da Seção do Algodão do Instituto Agrônômico, Campinas, 1990.

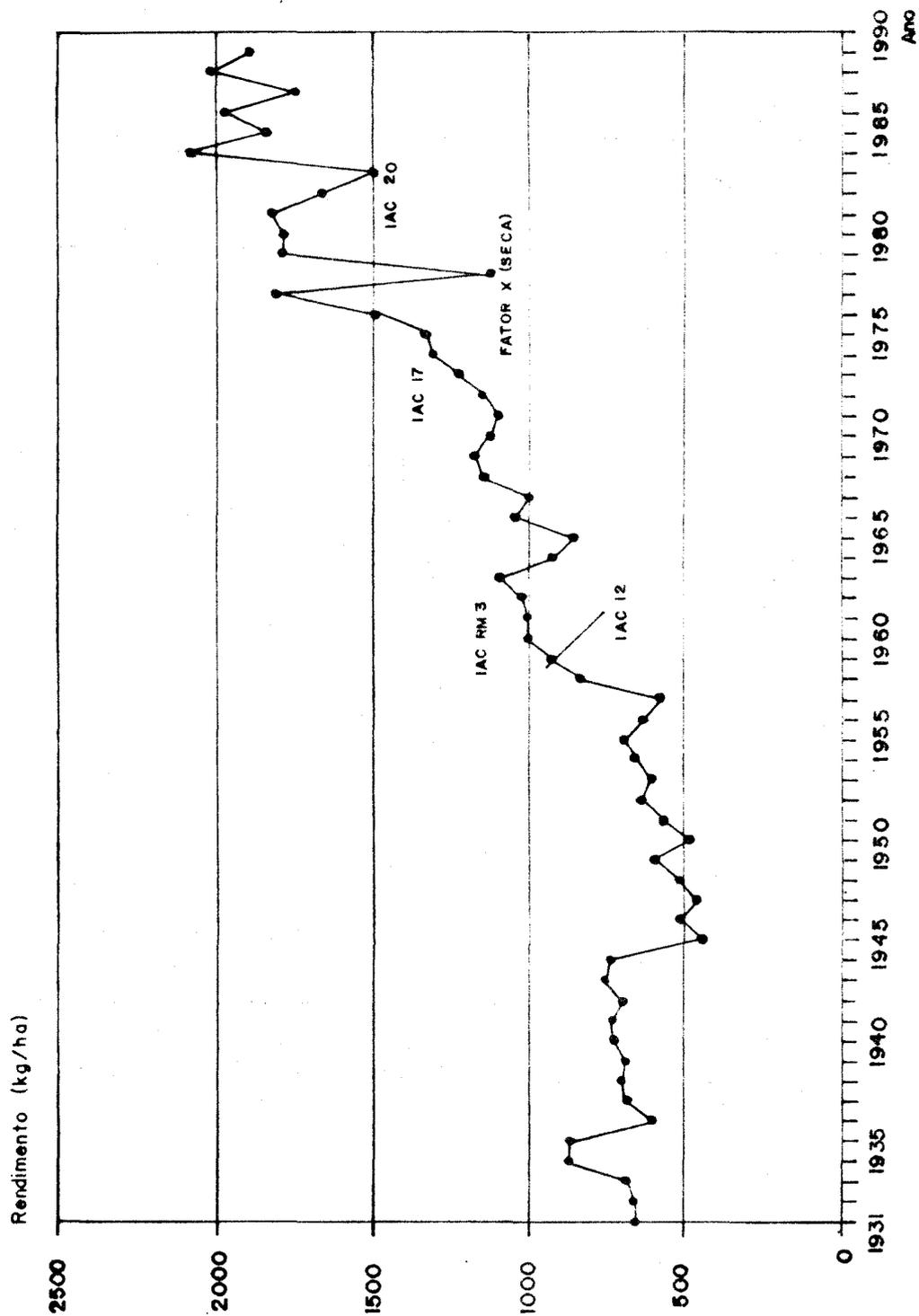


FIGURA 1. - Rendimentos do Algodão (em caroço), Estado de São Paulo, 1931-89.

Fonte: SILVA; CASER; VICENTE (28).

QUADRO 3. - Vendas de Sementes de Algodão, Estado de São Paulo, 1981-89

(1.000 se. de 30kg)

Variedade	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
IAC-17	337	308	190	314	34	-	-	-	-
IAC-18	61	48	27	0	-	-	-	-	-
IAC-19	5	57	96	170	237	45	44	16	10
IAC-20	-	-	0,4	14	186	363	397	311	328

Fonte: Dados internos não publicados do Departamento de Sementes, Mudanças e Matrizes da Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI).

cudo e nematóides, esses cultivares produziram, em média, 71% a mais do que as outras variedades testadas, GRIDI-PAPP et alii (11).

4 - MODELOS DE INTERVENÇÃO EM SÉRIES DE TEMPO(6)

Os conhecidos modelos ARIMA (auto-regressivos integrados de médias móveis) constituem a base para os modelos de função de transferência, dos quais a análise de intervenção é um caso particular, BOX & JENKINS (5) e BOX & TIAO (4). A construção de modelos de intervenção consiste em acrescentar aos modelos ARIMA os efeitos de variáveis exógenas através de funções de transferência, PINO (22).

Os modelos de função de transferência consideram a série temporal como sendo gerada a partir de uma ou mais séries temporais através de um filtro linear. Um modelo com entrada

simples pode ser representado como se segue:

$$Z_t = V(B) X_{t-b} + n_t$$

onde: Z_t = série temporal de saída;

$V(B)$ = função de transferência do filtro;

X_{t-b} = série temporal de entrada;

n_t = ruído, que pode ser representado pelo modelo ARIMA.

A série Z_t diz-se de saída porque está sendo influenciada pela série X_{t-b} (de entrada), onde b é o intervalo de tempo para efeito de mudanças na série de entrada sobre a de saída.

O modelo de intervenção corresponde ao modelo de função de transferência quando a série de entrada é binária. Num paralelo com a análise de regressão tradicional, a intervenção é

(6) Para a estimação dos modelos de intervenção foram utilizados os procedimentos do SAS/ETS (24).

semelhante a uma variável dummy: a presença da intervenção é representada por 1 e a ausência por 0.

A intervenção pode alterar uma série temporal de diversas formas. As mais frequentes são mudanças no nível e na inclinação da série. Os efeitos também podem ser imediatos ou com defasagens de tempo, duradouro ou temporário.

Após identificação e estimação de um modelo ARIMA para "uma série temporal, busca-se avaliar os efeitos da variável exógena através de funções de transferência.

Define-se uma intervenção I como sendo um dado evento, ao qual se associa uma variável aleatória X, cuja ocorrência pode estar ligada a mudanças no nível e/ou inclinação na série Z_t . Sua forma geral é:

$$Z_t = f(k, X, t) + n_t$$

onde: Z_t = série temporal original (ou transformada);

k = conjunto de parâmetros desconhecidos;

t = efeito determinístico do tempo;

n_t = ruído

$$f(k, x, t) = \sum_{j=1}^k \frac{\omega_j(B)}{\partial_j(B)} X_{tj}$$

X_{tj} , onde $j = 1, 2, \dots, k$ = variáveis exógenas.

$\omega_j(B)$ e $\partial_t(B)$ = polinômios em B.

Supondo que sobre uma série temporal Z_t ocorra uma intervenção identificada por uma única variável exógena X_t durante um determinado intervalo de tempo, então: $Z_t = V(B) X_t$, onde:

$$V(B) = \frac{\omega(B)}{\partial(B)}$$

$$\omega(B) = \omega_0 - \omega_1 B - \dots - \omega_s B^s$$

$$\partial(B) = \partial_0 - \partial_1 B - \dots - \partial_s B^s$$

A estimação consiste em determinar os parâmetros $\omega_0, \omega_1, \omega_2, \dots, \omega_s$ e $\partial_0, \partial_1, \partial_2, \dots, \partial_s$ dos polinômios em B.

ANÁLISE EMPÍRICA:

No presente trabalho, a análise de intervenção, descrita brevemente acima, foi aplicada sobre a série temporal de produtividade por área da cultura do algodão, no Estado de São Paulo, no período entre 1931 e 1989.

A análise de intervenção foi utilizada por permitir avaliar os efeitos de outras séries (através de funções de transferência), em especial, os efeitos de eventos esporádicos externos (no caso a adoção de variedades melhoradas) ao fenômeno em estudo (o impacto da pesquisa agrônômica sobre a produtividade da cultura do algodão no Estado de São Paulo).

Identificou-se o ano de lançamento das variedades e o período de sua maior comercialização, de acordo com informações de técnicos da Seção do Algodão do Instituto Agrônomo do Estado de São Paulo (quadro 4).

O primeiro passo na análise foi buscar identificar o comportamento sistemático da série, através de análise univariada. A média da série de produtividade (Z_t) é 1038,03kg/ha com desvio padrão de 464,57. O modelo univariado que melhor se ajustou à série é o SARIMA (0,1,1) (0,0,1)₆ cuja equação pode ser representada como segue:

$$(1 - B)Z_t = \mu + (1 - \theta B)(1 - \psi B^6)a_t$$

A partir desse modelo foram testadas as análises de intervenção, considerados os anos da introdução das variedades assinaladas (quadro 4). Os critérios utilizados na seleção dos modelos foram: estimativas dos parâmetros significativas ao nível de 5%; autocorrelações dos resíduos não significativas ao nível de 10%; baixa correlação entre as estimativas dos parâmetros; baixos valores relativos para o Critério de Informação de Akaike (AIC) e para o Critério Bayesiano de Schwartz (SBC). A estimação final foi feita por mínimos quadrados incondicionais.

Os movimentos na série analisada foram abruptos, ou seja, os efeitos das intervenções assinaladas indicaram mudanças repentinas e permanentes no nível da série, com pequena defasagem de tempo (dois anos para a IAC-17 e um ano para a IAC-20).

5 - RESULTADOS E CONCLUSÕES

A produtividade da cultura do algodão pode ser representada pelo modelo univariado (quadro 5). O comportamento da série é explicado basicamente pelo componente de médias móveis, incluindo sazonalidade.

Quando se tentou inserir a análise de interferência com todas as variedades selecionadas sobre esse modelo não se chegou a nenhum resultado porque o processamento não convergiu. A observação da evolução da série da drástica da produtividade da cultura no ano de 1978, devida a uma prolongada estiagem, poderia estar interferindo sobre o comportamento dinâmico da série (figura 1).

Cabe assinalar a forte dependência existente na agricultura às condições de tempo atmosférico durante as diversas fases dos ciclos biológicos das culturas, SILVA; CASER; VICENTE (29). Isto é, as flutuações climáticas afetam o rendimento tanto em anos agrícolas favoráveis como nos adversos. Porém, neste estudo, considerou-se, isoladamente, apenas o ano de 1978, por caracterizar um valor "estranho" ("outliers") dentro da série temporal analisada. Em geral, isto ocorre quando os dados não seguem uma distribuição normal, tendo por causa um fator exógeno ou um acontecimento fortuito cuja interpretação pode ser de interesse. A solução encontrada foi isolar seu efeito. Assim, a variável representada pela letra x busca dimensionar o efeito desse acontecimento (quadros 6 e 7).

Como se pode observar nos

dois modelos, o impacto desse evento externo foi altamente significativo e negativo. A inserção da variável x possibilitou a convergência dos modelos e os efeitos das variedades puderam ser avaliados conjuntamente. A exceção entre as variedades testadas foi a IAC-RM3 que não mostrou efeito significativo sobre a produtividade média da cultura. Como essa variedade foi criada como resposta à murcha, doença que comprometeu a produtividade da lavoura, sua introdução apenas restituiu a produtividade aos níveis anteriores à doença. Não é, portanto, de se estranhar que não tenha mostrado efeito significativo sobre o comportamento sistemático da série.

Dois modelos alternativos mostraram-se os melhores entre os testados, na explicação do comportamento da produtividade da cultura no Estado (quadros 6 e 7). A interpretação dessas intervenções é bastante simples e fica facilitada pela leitura das no período estudado sugeriu que a equações subscritas aos quadros. Pode-se concluir que a variedade IAC-12, lançada em 1959, elevou a produtividade da cultura em cerca de 240kg/ha (quadro 6). O efeito da variedade IAC-17 foi de aproximadamente 400kg/ha e da IAC-20, de cerca de 380kg/ha.

A equação correspondente ao quadro 7 é ainda mais evidente. Nesse caso não foi aplicado o operador diferença, tendo-se, portanto, também a média da série antes da intervenção, de 653,15kg/ha. A IAC-12 acrescentou 415kg/ha, as variedades IAC-17 e IAC-20 somaram, respectivamente, 581,31kg/ha e 274,38kg/ha. Essas variedades, em conjunto, elevaram a produtividade média da cultura em 194%. Em outros termos, são responsáveis por aproximadamente 66% dos níveis atuais da produtividade da cultura no Estado. Note-se que a IAC-17 foi a que mais contribuiu para essa elevação, pois nos dois modelos selecionados é a que mais se destaca.

Por outro lado, convém notar

QUADRO 4. - Ano de Lançamento e Período de Comercialização das Principais Variedades de Algodão, Estado de São Paulo, 1959-83

Variedade	Ano de lançamento	Comercialização
IAC 12	1959	1962 a 1966
IAC RM3	1963	1966 a 1978
IAC 17	1975	1977 a 1984
IAC 20	1983	a partir de 1985

Fonte: Elaborado a partir de dados de informações verbais de Imre. L. Grid-Papp, da Seção do Algodão do Instituto Agronômico, Campinas, 1990.

QUADRO 5. - Modelo Univariado SARIMA (0,1,1) (0,0,1)₆ (1)

Parâmetro	Estimativa	Test t
μ	21,66506	3,04
θ	0,51680	4,29
ψ	0,32322	2,27

$$(1) (1 - B) Z_t = 21,66 + (1 - 0,51680 B) (1 - 0,32322B^6) a_t$$

Fonte: Dados elaborados a partir de SILVA; CASER; VICENTE (28).

QUADRO 6. - Modelo ARIMA (0,1,1) com Intervenção(1)

Variedade	Parâmetro	Estimativa	Test t
	θ	0,44965	3,00
IAC 12 = { 0, t < 1959 { 1, t \geq 1959	ω_0	232,92479	2,23
IAC 17 = { 0, t < 1975 { 1, t \leq 1975 { b = 2	ω_1	398,88576	3,61
IAC 20 = { 0, t < 1983 { 1, t \geq 1983 { b = 1	ω_2	381,35053	3,50
X = { 0, t \neq 1978 { 1, t = 1978	ω_3	671,75160	-6,82

$$(1) Z_t = 239,92 \text{ IAC12} + 398,88 \text{ IAC17} + 381,35 \text{ IAC20} - 671,75 X + (1 - B)^{-1}(1 - 0,44965 B)a_t$$

Fonte: Dados elaborados a partir de SILVA; CASER; VICENTE (28).

QUADRO 7. - Modelo ARIMA (0,0,0) com Intervenção(1)

Variedade	Parâmetro	Estimativa	Test t
	μ	653,14815	26,58
IAC 12 = { 0, t < 1959 { 1, t \geq 1959	ω_0	415,16435	10,31
IAC 17 = { 0, t < 1975 { 1, t \geq 1975	ω_1	581,31250	10,51
IAC 20 = { 0, t < 1983 { 1, t \geq 1983 { b = 1	ω_2	274,37500	3,98
X = { 0, t \neq 1978 { 1, t = 1978	ω_3	-529,62500	-3,91

$$(1) Z_t - 653,15 = 415,16 \text{ IAC12} + 581,31 \text{ IAC17} + 274,38 \text{ IAC20} - 529,62 X + a_t$$

Fonte: Dados elaborados a partir de SILVA; CASER; VICENTE (28).

que os ganhos de produtividade observados ao longo do tempo não se deveram apenas ao melhoramento genético expresso nas variedades testadas. A pesquisa agrônoma buscou também obter variedades com maior resistência a pragas e doenças, apresentando melhor resposta à adubação, calagem e tratamentos culturais, além de melhoria na própria fibra. A esse respeito, no atendimento ao interesse da indústria têxtil, a pesquisa agrícola tem buscado obter fibras de boa qualidade tecnológica, o que significa, atualmente, fibras de maior resistência, maior comprimento e menor diâmetro, como são as das variedades IAC-19 e IAC-20, por exemplo, mais adequadas ao maquinário têxtil em uso.

Outro fato importante refere-se à maior capacidade de resposta das variedades melhoradas na presença de adubação química, elevando seu potencial produtivo. Assim, parte dos aumentos de rendimentos observados com a adoção dessas variedades pode estar refletindo simplesmente o maior emprego de fertilizantes em períodos favoráveis a essa prática, como ocorreu para a cultura do algodão, por exemplo, a partir do final da década de 60 e durante os anos 70, SANTOS (23).

Por sua vez, o controle estatal da produção de sementes de algodão permite o suprimento de sementes de qualidade homogênea, disponível ao agricultor na época adequada, garantindo a sua oferta em nível suficiente e a preço uniforme em todo o Estado de São Paulo, MARIANNO (18). Eventualmente, tem sido levantada controvérsia quanto ao fim do monopólio estatal de produção e venda de sementes de algodão. Deve-se esclarecer que para o Estado de São Paulo, o conceito de monopólio é válido apenas para as sementes genéticas (cuja produção não atinge 1% do total), perdendo sua aplicação para as demais classes (18). Os agricultores envolvidos no sistema de campos de cooperação recebem benefícios diretos por seus campos, tais como assistência técnica gratuita, garantia de

comercialização do produto, etc. Alguns pesquisadores consideram como condição básica para o sucesso dessa iniciativa a existência do controle técnico da produção e distribuição das sementes, assegurando a infra-estrutura da pesquisa e difusão de tecnologia na obtenção de sementes de qualidade padronizada. Também argumentam que, no caso dessas atividades serem feitas por cooperativas, por exemplo, nem sempre será possível exercer tais atividades de controle em grandes dimensões, sem a pressão de obter lucro, acarretando prejuízo à manutenção do sistema e ao fornecimento de sementes.

A ênfase dada ao fator produtividade foi um dos motivos para o lançamento de algumas variedades - IAC-17 e depois IAC-19 e IAC-20 - que na atualidade ocupam a totalidade da área plantada. Entretanto, a meta permanente dos melhoristas é obter variedades que revelam excelente desempenho também em diversos outros aspectos, resultando desse equilíbrio de características a estabilidade da produção algodoeira em qualquer região (10). Porém, é uma tarefa difícil, a qual se associa o tempo necessário - cinco a sete anos - para que uma progênie obtida venha a ser confirmada como variedade. Essa dificuldade se torna mais séria para aqueles que executam essa tarefa frente à escassez de verbas com que atualmente se defrontam as instituições de pesquisa, com reflexos diretos em todas as suas atividades, como as dos programas de melhoramento genético e, conseqüentemente, no lançamento de novas variedades.

LITERATURA CITADA

1. O AGRÔNOMO, Campinas, v.32, t. único, 1980.
2. AKINO, M. & HAYAMI, Y. Efficiency

- and equity in public research: rice breeding in Japan's economic development. *American Journal of Agricultura Economics*, Ames, Iowa, 57(1) : 1-10, Feb. 1975.
3. AYER, H. W. & SCHUH, G. E. Taxa de retorno social e outros aspectos da pesquisa agrícola: o caso da pesquisa do algodão em São Paulo, Brasil. *Agricultura em São Paulo*, SP, 21(1):1-29, 1974.
 4. BOX, G. E. & TIAO, G. B. Intervention analysis with applications to economic and environmental problems. *Journal of the American Statistical Association*, Alexandria, 70(349): 10-79, Mar. 1975.
 5. BOX, G.E.P. & JENKINS, G. M. Time series analysis, forecasting and control. Oakland, Califórnia, Holden-Day Inc., 1976. 575p.
 6. CAVALERI, P. A. A semente. In: INSTITUTO BRASILEIRO DE POTASSA. *Cultura e adubação do algodoeiro*. São Paulo, 1965.
 7. FERREIRA F , J. B. S. A política de sementes do Governo do Estado de São Paulo. Piracicaba, ESALQ/USP, 1988.
 8. FONSECA, M. A. S. Retorno social aos investimentos em pesquisa na cultura do café. Piracicaba, ESALQ/USP, 1976. 148p.
 9. 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.
 10. FUZATTO, M. G. Variedades de algodão mais produtivas. *Dirigente Rural*, São Paulo, 19(7):13-15, jul. 1980.
 11. GRIDI-PAPP, I. L. et alli. Resultados do ensaio nacional de variedades de algodoeiro herbáceo no Estado de São Paulo no ano agrícola 1986/87. In: REUNIÃO NACIONAL DO ALGODÃO, 5., Campina Grande, PB, 1988. Resumo dos trabalhos... Campina Grande, PB, EMBRAPA/CNPA, 1988. Seção I, p.25.
 12. GRILICHES, A. Hybrid corn: an exploration in the economics of technological change. *Econometrica*, 25(4) :501-522, 1957.
 13. _____ . Research costs and social returns: hybrid corn and related innovations. *Journal of Political Economy*, Chicago, 66(5): 419-431, 1958.
 14. HAYAMI, Y. & RUTTAN, V.W. Factor prices and technical change in agricultural development: the United States and Japan, 1880-1960. *Journal of Political Economy*, Chicago, 78(5):1115-1141, Sept./Oct. 1970.
 15. HOMEM DE MELO, F.B. Disponibilidade de tecnologia entre produtos da agricultura brasileira. *Revista de Economia Rural*, Brasília, 18(2):221-249, abr./jun. 1980.
 16. _____ . O problema alimentar no Brasil: a importância dos desequilíbrios tecnológicos. São Paulo, Paz e Terra, 1983.
 17. LEITE DA SILVA, C. R. Insumos mo demos e mudanças na agricultura: o caso das sementes. *Agricultura em São Paulo*, SP, 37(2) : 167-177, 1990.
 18. MARIANNO, M. I. de A. Monopólio

- estatal de sementes. Casa da Agricultura, Campinas, 10(6);9-13, nov./dez. 1988.
19. MORICOCCHI, L. Pesquisa e assistência técnica na citricultura custos e retornos sociais. Piracicaba, ESALQ/USP, 84p. (Tese - Mestrado).
20. PASSOS, S. M. G. Algodão Campinas, Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1977. 424p.
21. PASTORE, J.; DIAS, G. L. da S.; CASTRO, M.C. Condicionantes da produtividade da pesquisa agrícola no Brasil. Estudos Econômicos, São Paulo, 6(3) : 147-182, 1976.
22. PINO, F.A. Análise à intervenção em séries temporais; aplicações em economia agrícola. São Paulo, IME/USP, 1980. 253p. (Tese - Mestrado).
23. SANTOS, Z.A.P. de S. Adoção tecnológica na agricultura paulista. São Paulo, IPE/USP, 1984. 119p. (Ensaio Econômico, 35).
24. SAS INSTITUTE. SAS/ETS user's guide. Cary, NC, 1988.
25. SCHULTZ, T.W. A transformação da agricultura tradicional. Rio de Janeiro, Zahar, 1965. 207p.
26. SILVA, G. L. S. P. da. Pesquisa, tecnologia e rendimento dos principais produtos da agricultura paulista. São Paulo, Secretaria de Agricultura e Abastecimento, IEA, 1986. 79p. (Relatório de Pesquisa, 12/86)
27. . Produtividade agrícola, pesquisa e extensão rural. São Paulo, IPE/USP, 1984. 143p. (Ensaio Econômico, 40).
28. _____ CASER, D. V.;
- VICENTE, J. R. Estatísticas da agricultura brasileira. São Paulo, Secretaria de Agricultura e Abastecimento, IEA, 1990. v.1. (Série Informações Estatísticas da Agricultura)
29. _____; _____. Va-
riações do tempo e da produtividade agrícola: proposta de uma metodologia de análise e sua aplicação para a cultura do café no Estado de São Paulo. São Paulo, Secretaria de Agricultura e Abastecimento, IEA, 1986. 28p. (Relatório de Pesquisa, 13/86)
30. SOLOW, R.M. Technical change and the aggregate production function. Review of Economics and Statistics, Amsterdam, 39:312-320, 1957.
31. SOUZA, R.F. O mais grave problema da agricultura brasileira na atualidade. Brasília, EMBRAPA, 1985. 8p.