

ALGUNS ASPECTOS DOS MODELOS DE ANÁLISE DOS IMPACTOS DE MUDANÇA TECNOLÓGICA NO COMPORTAMENTO DO SETOR AGRÍCOLA¹

CARLOS JOSÉ CAETANO BACHA²

RESUMO – Revendo a literatura sobre inovação tecnológica nos setores agrícola e industrial, constatamos que foram desenvolvidos conceitos e categorias analíticas para esse último, mas que não foram considerados no caso do setor agrícola. O objetivo desse artigo é fazer uma resenha utilizando os conceitos da economia de tecnologia do setor industrial, dos principais modelos, construídos com o instrumental neoclássico, que analisam os impactos de mudança tecnológica no comportamento do setor agrícola. Foram analisados 13 modelos, classificados segundo quatro critérios, a saber: 1) se é um modelo de geração ou difusão de inovações; 2) se as inovações consideradas são de produtos ou de processos; 3) se as inovações têm pequeno ou grande impacto sobre a produtividade; e 4) se utiliza a idéia de pacotes tecnológicos. Nossa classificação, ainda que preliminar, permite melhor entendimento dos modelos comentados e de seus alcances, favorecendo a melhor utilização deles na constituição e análise de políticas de desenvolvimento agrícola.

Termos para indexação: mudança tecnológica, geração de tecnologia, difusão de tecnologia, agricultura.

SOME ASPECTS OF THE ANALYTICAL MODELS OF IMPACTS OF TECHNOLOGICAL CHANGES ON THE AGRICULTURAL SECTOR BEHAVIOR

ABSTRACT – Analytical categories from the industrial technology economics for the construction of the models which analyze the technological change impacts in the agricultural sector were not used in literature. This paper comments the models, built within neoclassical theory which analyse the technological change impacts on the agricultural sector, by using the analytical categories of the industrial technology economics in order to better qualify those models construction. Thirteen models were analyzed. Each commented model was classified according to four different criteria: 1) if it is a model of generation or diffusion of innovations; 2) if the innovations considered are for products or for processes; 3) if the innovations have small or large impact on productivity; 4) whether the innovation utilize the idea of technological package or not. These qualifications allow a better understanding of the models and its scope, making easier its utilization in the formulation and/or analysis of policies for the agricultural development.

Index terms: technological change, technology generation, diffusion of technology, agriculture.

INTRODUÇÃO

Revendo a literatura sobre inovação tecnológica nos setores agrícola e industrial, constatamos que foram desenvolvidos conceitos e categorias

¹ Recebido em 24/6/91.

 Aceito para publicação em 29/6/92.

 Este texto foi elaborado a partir de uma pesquisa feita para o Núcleo de Política e Gestão de Ciência e Tecnologia (NPGCT-USP), sob a coordenação do prof. Hélio Nogueira da Cruz, ao qual devo muitas críticas e sugestões. Como de praxe, a responsabilidade do texto é toda minha.

² Prof., Doutor, ESALQ-USP. Caixa Postal 9, 13418-900, Piracicaba, SP.

analíticas para esse último, mas que não foram considerados no caso do setor agrícola.

A literatura sobre inovação tecnológica no setor industrial tem destacado, entre outros, os conceitos de modelo de geração e de difusão de tecnologia, inovações de produto e de processo, pequenas e grandes inovações e pacotes tecnológicos³. Esses conceitos têm sido utilizados para melhor qualificar os modelos de crescimento industrial, em que é dado papel fundamental à inovação tecnológica.

Encontramos modelos que explicam as forças que levam à geração de tecnologia e outros que explicam como dada tecnologia difunde-se entre os produtores. As inovações podem ser classificadas em grandes ou pequenas. Segundo Cruz (1988, p.445), as grandes inovações abrem novos espaços e afastam o sistema do equilíbrio anterior, definindo novos paradigmas. As inovações menores são desdobramentos das inovações maiores, tratando-se de fenômenos de ajustamento. Além disso, essas inovações podem ser de produto e de processo⁴.

Sabato & Mackenzie (1981, p.10-11) definem pacote tecnológico como o conjunto: “de conhecimentos organizados de diferentes tipos (científico, empírico, etc.), provenientes de várias fontes (descobertas científicas, outras tecnologias, patentes, livros, manuais, etc.), através de diferentes métodos (pesquisa, desenvolvimento, adaptação, reprodução, espionagem, especialistas, etc.).”

Sabato & Mackenzie (1981) analisam a geração e tecnologia a partir da estrutura produtiva e utilizando esse conceito de pacote tecnológico. Este último interliga grandes e pequenas inovações, que podem ser de processo e de produto.

Reverendo os modelos construídos com o instrumental neoclássico e que analisam os impactos de uma mudança tecnológica no comportamento do setor agrícola (dando ênfase ao caso brasileiro), constatamos que eles podem ser agregados em três grupos, a saber: os modelos que analisam a função da agricultura no desenvolvimento econômico, ressaltando a importância da mudança técnica no setor agrícola para viabilizar aquela função; os modelos que foram classificados por Santos (1986, p.21) em Teoria da Modernização

³ Consideramos alguns elementos do estudo de economia da tecnologia industrial, não tratando, por exemplo, de inovações de energia e de materiais, paradigmas tecnológicos, a diferença entre ciência e tecnologia e entre invenção, inovação e adaptação. Uma revisão de alguns desses temas pode ser visto em Araújo (1989).

⁴ Veja o trabalho de Utterback & Abernathy (1975) sobre inovações de produto e de processo e suas ligações.

da Agricultura; e os modelos que analisam os impactos sobre o emprego e a renda dos agentes econômicos envolvidos com a agricultura quando esta sofre uma mudança tecnológica.

Esses modelos aplicados ao setor agrícola não utilizam os conceitos de modelo de geração ou de difusão, de grandes e pequenas inovações, de inovações de processo e de produto e de pacotes tecnológicos para melhor qualificar as suas análises.

O objetivo desse artigo é fazer uma resenha dos principais modelos aplicados ao setor agrícola, incluídos na classificação anterior, utilizando as categorias de análise dos estudos de economia da tecnologia do setor industrial para melhor qualificar as construções daqueles modelos. Assim, cada modelo descrito será classificado segundo quatro critérios, a saber: 1) se é um modelo de geração ou difusão de inovações; 2) se as inovações consideradas são de produtos ou de processos; 3) se as inovações têm pequeno ou grande impacto sobre a produtividade; e 4) se utiliza, ou é compatível, com a idéia de pacotes tecnológicos.

É importante ressaltar que este texto tem o caráter exploratório de lançar algumas idéias para aprofundamentos posteriores. Está ainda longe de chegar a conclusões definitivas.

AS INOVAÇÕES NO SETOR AGRÍCOLA

De Janvry (1973, p.415-417) classifica as tecnologias agrícolas em mecânica, biológica, química e agrônômica. Uma inovação mecânica corresponde à utilização de trator, colheitadeira e moinho de vento em uma cultura ou na agricultura como um todo. De modo geral, as inovações mecânicas elevam a produtividade do trabalho, pois aumentam a quantidade de terra cultivada por trabalhador no mesmo período. A inovação biológica é o desenvolvimento de novas variedades de plantas e de novas espécies de animais. As inovações químicas correspondem à utilização de fertilizantes, inseticidas e pesticidas em uma cultura (ou na agricultura como um todo). Normalmente, essas inovações substituem terra por capital e trabalho. As inovações agrônômicas consistem em novas práticas culturais e novas técnicas de condução (como rotação de culturas, análise do solo antes da adubação, novos espaçamentos, plantio em curvas de nível, novo calendário de operações, etc.).

As inovações que ocorrem na agricultura são, como na indústria, inovações de processos ou de produtos. As inovações agrônômicas são inovações de processo. Referem-se a novas maneiras de cultivar a terra ou de criar

animais já existentes. As inovações químicas e mecânicas são inovações de produtos. Elaboram-se novos produtos (novos medicamentos, fertilizantes, defensivos, tratores, colheitadeiras) que permitem aumentar a produtividade. As inovações biológicas também são inovações de produtos. As novas variedades ou os novos tipos de animais são modificações de produtos já existentes, de consumo garantido, só que com mais rápido crescimento e maior produtividade. Por isso, adquirem o "status" de novo produto (isto é, de uma planta nova ou de um animal novo).

No setor agrícola, consideraremos como inovações grandes aquelas que permitem grandes saltos na produtividade (afastando o sistema do seu equilíbrio anterior) e como inovações pequenas as que alteram pouco a produtividade.

Com muita frequência, as inovações mecânicas são classificadas como grandes inovações. Hayami & Ruttan (1971, p.47-50) comentam que a introdução da colheitadeira de trigo permitiu a expansão de sua área nos Estados Unidos, pois resolveu o problema da falta de mão-de-obra na sua colheita⁵. Melo (1983) ressalta a importância dos lançamentos de novas variedades de café, cana-de-açúcar, algodão, soja e laranja como elementos de explicação para a expansão da produtividade dessas culturas no Brasil.

As inovações químicas e agrônomicas consistem tanto em grandes como pequenas inovações. Quanto às inovações químicas, a correção da acidez dos solos de cerrados no Brasil permitiu a elevação de sua fertilidade e a expansão de culturas com cultivares não específicas para a região (como é o caso da cultura do café) e com mais alta produtividade em relação à situação anterior. De outro lado, o uso de maior adubação e de defensivos nas lavouras do Centro-Sul do Brasil, nas décadas de 60, 70 e 80, tem permitido incrementar suas produtividades, mas sem grandes saltos. Quanto às inovações agrônomicas, Hayami & Ruttan (1971, p.51) comentam que a Revolução Agrícola Inglesa consistiu numa nova combinação integrada de exploração de culturas e de gado. Por outro lado, no Brasil temos presenciado uma série de experimentos com espaçamentos de culturas, plantio intercalado e rotação de culturas que nos permitem obter apenas pequenas melhorias de produtividade.

Acima de tudo, o que temos presenciado no Brasil é a geração de pacotes tecnológicos agrícolas. Ou seja, um conjunto interligado de inovações mecânicas, biológicas, químicas e agrônomicas que modificam o sistema de

⁵ É importante ressaltar que muitas vezes uma grande inovação na agricultura não corresponde a uma grande inovação em um contexto mais amplo. A criação da colheitadeira de trigo é uma inovação pequena em relação à descoberta do motor de combustão interna.

cultivo de um produto ou de criação de uma espécie. Lança-se uma nova variedade de uma cultura (que é uma inovação biológica), mas que tem elevada produtividade se plantada dentro de certos padrões de espaçamentos e com certos tratamentos culturais, seguindo determinado calendário (inovação agrônômica); utilizando os insumos modernos de adubação e de defensivos (inovação química), que são aplicados com certos equipamentos (inovação mecânica). Combinam-se grandes e pequenas inovações de processo e de produto para se ter uma melhoria na produtividade. Tomemos dois exemplos do caso brasileiro que evidenciam a existência de pacotes tecnológicos.

A cultura do café na década de 70 expandiu-se incentivada pelos créditos subsidiados do Plano de Renovação e Revigoração de Cafezais (PRRC), pelas melhorias no preço do café e pela presença de um pacote tecnológico que gerava elevada produtividade para os padrões da época. Tal pacote tecnológico consistia na indicação do plantio das variedades Bourbon Amarelo, Mundo Novo ou Catuaí (inovação biológica), através de mudas obtidas com certa tecnologia (inovação agrônômica). As mudas deveriam ser plantadas em solos corrigidos com calcário e adubados (inovação química), com certos espaçamentos e em curvas de nível (inovação agrônômica). As operações de trato deveriam ser feitas de acordo com certo calendário (inovação agrônômica) e consistiam em carpa, nova adubação e aplicação de defensivos (inovação química). Para isso, poderiam ser usados equipamentos manuais ou motorizados (inovação mecânica). O uso desse pacote foi incentivado pelos programas que constituíram o PRRC e, assim, obteve-se uma melhoria na produtividade da cultura do café na década de 70. O que nos chama a atenção é que grandes inovações de produto (como as das variedades Mundo Novo e Catuaí) foram combinadas com pequenas inovações de processo e de produto (correção de solo, adubação, uso de defensivos, plantio em curvas de nível, certos espaçamentos entre as plantas e a obediência ao calendário das práticas agrícolas) para obter a elevação da produtividade observada.

O outro exemplo é a ocupação dos solos com vegetação de cerrado. Até a década de 60, o baixo nível de fertilidade de tais áreas limitava a expansão agrícola nelas. A resolução de tais problemas, através do uso de calagem e adubação (inovação química), permitiu a elevação de sua fertilidade. Essa tecnologia química, associada com o pacote tecnológico de plantio de café já existente, permitiu a expansão dessa cultura nos solos com vegetação de cerrados. Para a soja, houve a necessidade de desenvolver novas variedades de soja (inovação biológica), associadas ao seu sistema de plantio e às inovações químicas que recuperaram a fertilidade do solo da região com cerrado, permitiram a expansão da cultura da soja em tais áreas. Novamente ob-

servamos grandes e pequenas inovações de produto e de processo complementando-se para elevar a produtividade.

Na qualificação dos modelos a seguir, consideramos que quando há uma referência genérica à inovação tecnológica (sem especificar se ela é agrônômica, biológica, química ou mecânica), a inovação considerada é de produto e/ou de processo. Se houver referência quanto a grande aumento da produtividade, teremos grandes inovações tecnológicas. Se não houver referência quanto à magnitude da mudança da produtividade, as inovações podem ser grandes ou pequenas.

OS MODELOS DE ANÁLISE DA FUNÇÃO DA AGRICULTURA NO DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO

Entre os modelos que analisam a função da agricultura no desenvolvimento econômico e ressaltam a importância da mudança técnica no setor agrícola para viabilizar essa função, temos os modelos de Fei e Ranis e o modelo de Jorgenson. Esses dois modelos foram classificados por Hayami & Ruttan (1971, p.20-24) como modelos duais dinâmicos, que identificam a agricultura como sendo o setor tradicional e a indústria como sendo o setor moderno, e traçam a interação crescente entre estes dois setores durante o processo de desenvolvimento econômico⁶.

Os modelos de Fei e Ranis e de Jorgenson têm como base o modelo de Lewis (1969), que era um autor clássico a enfatizar a relação entre o setor agrícola tradicional e o setor urbano moderno durante o desenvolvimento econômico.

O modelo de Fei e Ranis considera que o setor agrícola tem as seguintes características: a) possui desemprego disfarçado e subemprego; b) a produtividade marginal do trabalho é zero; c) a taxa de salário para o trabalho agrícola é positiva e determinada institucionalmente, aproximando da produtividade média desse setor; d) a dotação de terra é fixa.

Com essas hipóteses, torna-se possível transferir mão-de-obra do setor agrícola para o setor comercial-industrial, durante os estádios iniciais do desenvolvimento, sem que a produção agrícola reduza e sem que eleve o preço de oferta do trabalho ao setor industrial. Isto é possível devido ao fato de a retirada de um trabalhador do setor agrícola gerar um excedente agrícola, que se torna disponível para ser investido no desenvolvimento do setor industrial. Assim, as principais funções da política pública são a criação de

⁶ A exposição dos modelos de Fei-Ranis e de Jorgenson, a seguir, está baseada em Hayami & Ruttan (1971).

instituições que transfiram a propriedade desses excedentes do setor agrícola para o governo ou para os empresários do setor comercial-industrial, e impedir a dissipação do excedente potencial através de maior consumo no meio rural.

No desenvolvimento da economia dual, segundo o modelo de Fei e Ranis, encontramos dois pontos críticos:

- o primeiro ocorre quando o valor do produto marginal do trabalho no setor agrícola torna-se positivo. A partir desta situação, a transferência de um trabalhador do setor agrícola para o setor comercial-industrial não gera um excedente agrícola suficiente para cobrir o seu consumo no setor comercial-urbano, ocorrendo, então, uma deterioração dos termos de troca contra o setor comercial-urbano. Essa situação poderá ser remediada por alguma combinação de crescimento da produtividade e de declínio na taxa de crescimento da população no setor comercial-urbano;
- o segundo ponto crítico acontece quando o valor do produto marginal do trabalho agrícola excede a taxa de salário, determinada institucionalmente, nesse setor. Nesta situação, o setor industrial deverá elevar continuamente a taxa de salário que paga, se pretende competir eficientemente com o setor de subsistência pelo fator trabalho. Com isso, diminuirá a rentabilidade do setor industrial. Para evitar isso, é necessário **um grande salto técnico na agricultura**, que gere um rápido crescimento na sua produtividade, de modo que as características duais da economia atrofiam.

O modelo de Jorgenson parte de hipóteses diferentes das de Fei e Ranis. Supõe-se que o crescimento da população é uma função direta do consumo per capita e que a elasticidade-renda pela demanda de alimentos é nula. Considera-se que as taxas de salários são determinadas em um mercado de trabalho intersetorial, mesmo nos estádios iniciais do desenvolvimento; o trabalho só está disponível no setor industrial com o sacrifício de parte da produção agrícola (ou seja, $PMG_L > 0$); e os termos de troca movem-se contra o setor industrial continuamente, desde o início do processo de desenvolvimento.

Com essas condições, para transferir mão-de-obra do setor agrícola para o setor industrial deve-se gerar, inicialmente, um excedente agrícola no primeiro setor, o qual se pode obter por meio de: a) aumento na taxa de progresso técnico na agricultura; b) diminuição na taxa de crescimento da população; e c) elevação na elasticidade do produto agrícola em relação a mudanças na força de trabalho agrícola.

Podemos concluir que nos modelos de Fei e Ranis e de Jorgenson a existência do excedente agrícola, obtido pela elevação na produtividade do setor agrícola, é o mecanismo que permite a contínua transferência do fator trabalho do setor agrícola para o setor urbano-industrial, sem ocorrer deterioração dos termos de troca contra esse último setor. Tal aumento de produtividade, de modo geral, é obtido com grande salto tecnológico na agricultura, que deve ocorrer no início do processo de desenvolvimento, segundo o modelo de Jorgenson, ou apenas quando do surgimento do segundo ponto crítico, segundo o modelo de Fei e Ranis.

Os modelos de Fei e Ranis e de Jorgenson, por considerar inovações tecnológicas que implicam grandes saltos na produtividade, necessitam da ocorrência de grandes inovações tecnológicas. Não obstante, estas podem vir interligadas com outras pequenas inovações, constituindo um pacote tecnológico.

Além disso, esses modelos de Fei e Ranis e de Jorgenson são compatíveis com inovações de produto e/ou de processo, desde que algumas delas sejam grandes inovações.

Mas os modelos desses autores não explicam como as inovações surgem nem como se difundem.

MODELOS CLASSIFICADOS COMO “TEORIA DA MODERNIZAÇÃO DA AGRICULTURA”

Os modelos duais dinâmicos comentados no item anterior reconhecem a importância do aumento da produção e da produtividade agrícola para o crescimento da industrialização e o crescimento econômico em geral. Não obstante, eles não analisam o processo de desenvolvimento da agricultura. Este processo de desenvolvimento da agricultura são analisados pelo Modelo de Conservação, Modelo do Impacto Urbano-Industrial, Modelo de Difusão, Modelo de Insumos Modernos, Modelo de Inovação Induzida, Modelo de De Janvry, Modelo de Pastore, Dias e Castro e pelo Mecanismo de Autocontrole de Ruy Miller Paiva⁷. Santos (1986, p.21) denomina tais modelos de “Teoria da Modernização da Agricultura”.

O Modelo de Conservação surgiu com o aumento da produção e da produtividade agrícola obtido com os **novos métodos integrados de cultivo e manejo do gado**. Estes métodos estiveram associados com a Revo-

⁷ Na exposição do Modelo de Conservação, Modelo do Impacto Urbano-Industrial, Modelo de Difusão, Modelo de Insumos Modernos e Modelo de Inovação Induzida, utilizamos basicamente os comentários de Hayami & Ruttan (1971).

lução Agrícola Inglesa e com os conceitos de exaustão dos solos elaborados pelos cientistas alemães dedicados a esse assunto.

O Modelo de Conservação foi reforçado pelos conceitos da Escola Clássica Inglesa, ou seja, de retornos decrescentes do trabalho e do capital aplicados à terra e pelas tradições de ética, estética e naturalismo filosófico do Movimento de Conservação Americano.

Para os economistas clássicos e seus críticos, o próprio setor agrícola ofertava os insumos utilizados na sua produção. Aqueles economistas não atribuíam papel significativo aos insumos industriais na expansão da agricultura em sua margem extensiva ou na sua margem intensiva. A produtividade crescente no setor agrícola era obtida através de métodos de trabalho intensivo para aumentar a fertilidade, para desenvolver a terra por drenagem e irrigação e para a formação de capital na forma de gado e árvores de frutas.

No século atual, o Modelo de Conservação foi reavivado. Na metade da década de 20, tivemos um movimento para tentar explorar a importância econômica dos princípios de conservação, particularmente no campo da preservação da fertilidade, como um guia de prática agrícola. No início da década de 50, tivemos novas contribuições, englobando as considerações técnicas e econômicas que conduziam a uma visão mais racional dos aspectos da fertilidade do solo e do papel da terra no desenvolvimento agrícola.

Enfatizando a evolução de uma seqüência de complexidade crescente de **sistema de cultivo** utilizando terra e trabalho intensivamente, com **produção e uso de adubo orgânico** e com **facilidades físicas** para utilização eficiente dos recursos terra e água, o Modelo de Conservação, segundo Hayami & Ruttan (1971, p.34), sustentou, em muitas áreas do Mundo, taxas de crescimento da produção agrícola de 1% a.a. por longos períodos. Mas tal nível de crescimento não é compatível com os requerimentos dos atuais países menos desenvolvidos, para poderem se modernizar e desenvolver sob crescimento explosivo da sua população e de elevação das rendas per capita.

O que podemos constatar é que o Modelo de Conservação pretendeu ser um modelo de geração de tecnologia, que utiliza recursos internos às propriedades agrícolas. A preocupação é de gerar inovações de processos de conservação da fertilidade do solo, através de pacotes tecnológicos que articulem uma série de inovações no sistema de cultivo de terra, no trabalho intensivo, na produção e no uso de adubo orgânico e nas facilidades para manusear terra e água.

O Modelo do Impacto Urbano-industrial surgiu como **explicação** para as variações geográficas na intensidade da atividade agrícola e na produtivi-

dade do trabalho agrícola, que eram observadas numa economia industrializada. Johann Heinrich von Thünen foi o pioneiro nessa pesquisa. Tentou mostrar como a urbanização determina a localização da produção de “commodities” agrícolas e influencia as técnicas e intensidades de cultivo.

Em 1953, Schultz preocupou-se em explicar a falha da política de produção e de preço agrícola em eliminar as substanciais disparidades regionais nas taxas e no nível de desenvolvimento da agricultura americana. Com isso, ele racionalizou a hipótese do impacto urbano-industrial, alegando que os mercados de fatores e produtos têm um funcionamento mais eficiente quando mais próximos estão de áreas de rápido desenvolvimento urbano-industrial.

A conclusão do Modelo do Impacto Urbano-industrial é que a agricultura obtém maior desenvolvimento, medido em maiores rendas per capita e renda por trabalhador, quanto mais próxima estiver das áreas urbanas mais desenvolvidas.

Santos (1986, p.23) afirma que:

“A hipótese [do Modelo do Impacto Urbano-Industrial] admite, portanto, melhor funcionamento do mercado de produtos e fatores nas economias agrícolas próximas dos centros industriais dinâmicos. A expansão dos pólos industriais traria consigo alguns efeitos, como elevação da demanda de mão-de-obra, aparecimento de empresas voltadas para a produção industrial de insumos agrícolas, demanda de produtos agrícolas determinada pela exigência de indústrias processadoras e pela urbanização, etc. . . . Estes efeitos, junto com outras medidas que permitissem redução de custos, como melhoria no sistema de transportes, poderiam contribuir para um aumento da tecnificação da agricultura”.

Vários estudos empíricos confirmaram a hipótese do Modelo do Impacto Urbano-Industrial. Não obstante, suas implicações políticas, de que para haver diminuição dos desequilíbrios agrícolas é necessário uma industrialização descentralizada, são mais relevantes para as regiões menos desenvolvidas dos países altamente industrializados. Segundo Hayami & Ruttan (1971, p.36), tais políticas de desenvolvimento agrícola têm limitada aplicação nos países menos desenvolvidos, onde a preocupação maior é com a taxa de crescimento econômico da economia não agrícola e não com a distribuição geográfica das atividades econômicas. Nesses países, os requisitos tecnológicos para o rápido crescimento agrícola não estão disponíveis.

Do exame do Modelo do Impacto Urbano-Industrial, constatamos que ele é um modelo que explica a difusão de tecnologia, preocupando-se em explicar as razões dos diferentes níveis técnicos das áreas agrícolas e como

isso pode ser corrigido. Não há qualificação quanto ao tipo de inovação tecnológica considerada, pois permite ser tanto inovações de produto quanto de processo, bem como grandes e pequenas inovações.

O Modelo de Difusão coloca que o caminho do desenvolvimento agrícola é uma mais efetiva disseminação do conhecimento técnico entre os fazendeiros individuais e entre as regiões, de modo a diminuir os diferenciais de produtividade entre eles. Esse modelo foi propagado no momento em que as pesquisas das estações experimentais contribuíam modestamente para o crescimento da produtividade agrícola. **Acreditava-se que já existia grande volume de tecnologia disponível nos países desenvolvidos e o problema estava na sua difusão entre os agricultores irracionais de áreas menos desenvolvidas.** Com isso, grande ênfase foi depositada na análise econômica do fazendeiro e na difusão de inovações entre eles. O problema do crescimento econômico da firma individual e do setor agrícola foi colocado como sendo o de reorganizar os insumos de produção de modo tal que se aumentasse a eficiência na alocação de recursos e obtivesse, assim, um incremento na produção por unidade de insumo.

A crença de que havia alocação ineficiente dos recursos por parte dos camponeses irracionais conduziu ao estabelecimento, durante a década de 50, de programas de assistência técnica e de desenvolvimento de comunidades. Esses programas estavam baseados, explícita ou implicitamente, no Modelo de Difusão e procuravam transformar os camponeses tradicionais em agentes econômicos racionais. Contudo, tais programas não foram bem sucedidos em gerar a rápida modernização das fazendas tradicionais ou o rápido crescimento da produção agrícola.

Como o próprio nome já indica, o Modelo de Difusão é um modelo de difusão de tecnologia. Procurava-se difundir tanto inovações de produtos quanto de processos, bem como inovações grandes e pequenas. Propunha-se aos agricultores novos pactos tecnológicos.

Na década de 60, o desenvolvimento das idéias que deram origem ao Modelo de Insumos Modernos constataram haver alta especificidade das tecnologias existentes em certas regiões, e criticavam a possibilidade, defendida pelo Modelo de Difusão, de transferir um pacote tecnológico agrícola de países de alta produtividade agrícola para países de baixa produtividade. Além disso, Schultz argumentou que os camponeses da agricultura tradicional são alocadores racionais e eficientes dos recursos disponíveis, e se são pobres é porque em seus países as oportunidades técnicas e econômicas para as quais eles podem responder são limitadas. Assim, Schultz concluiu que o desenvolvimento de um setor agrícola tradicional em países pobres só é obtido através

de investimentos que tornem disponíveis **insumos modernos de alto retorno para os fazendeiros**. Tais investimentos devem ser: a) na capacidade das estações de experimento agrícola em produzir novos conhecimentos técnicos; b) na capacidade do setor industrial em produzir novos insumos técnicos; e c) na capacidade de os fazendeiros usarem eficientemente fatores agrícolas modernos.

O Modelo de Insumos Modernos pretende ser um modelo de geração e de difusão de tecnologia.

Como o modelo de difusão de tecnologia, o Modelo de Insumos Modernos ressalta a importância dos investimentos em educação para tornar do conhecimento dos camponeses a existência da tecnologia moderna e de suas vantagens, bem como tornar essa tecnologia mais rentável em relação às tecnologias tradicionais, dado que os agricultores são racionais e assim as adotariam.

O Modelo de Insumos Modernos como modelo de geração de tecnologia é criticado por Hayami & Ruttan (1971, p.42-43) por não explicar como as condições econômicas de uma sociedade em particular induzem ao desenvolvimento de uma série eficiente de tecnologia. Além disso, esse modelo não especifica o processo pelo qual as relações de preços de fatores e de produtos induzem ao investimento da pesquisa em certa direção.

As inovações propostas pelo Modelo de Insumos Modernos são inovações de processo e de produto, tendo de ser grandes inovações (pois só assim garantiriam alto retorno aos fazendeiros), embora não se exclua a associação a elas de outras pequenas inovações para constituir um pacote tecnológico.

Hayami & Ruttan (1971) procuraram desenvolver um modelo de geração de tecnologia que fosse endógena ao processo de desenvolvimento agrícola. Esses autores consideram que o maior uso do equipamento mecânico na agricultura é induzido pelo propósito de reduzir os custos com o fator trabalho, e os avanços biológicos e químicos são induzidos pelo desejo de aumentar a colheita por unidade de área ou melhorar a produtividade dos animais por unidade consumida de ração.

Até o surgimento do modelo de Hayami & Ruttan (1971), a teoria da inovação induzida restringia-se a analisar o mecanismo pelo qual mudanças ou diferenças nos preços de fatores afetam a atividade inventiva ou o comportamento inovativo das firmas privadas. O que aqueles autores acrescentaram nessa teoria foi uma análise do processo de inovação gerado pelo setor público e uma análise das modificações institucionais que este último possa

requerer. Assim, o Modelo de Inovação Induzida de Hayami & Ruttan indica os mecanismos de: a) inovação induzida no setor privado; b) inovação induzida no setor público; c) interação entre mudança técnica e desenvolvimento institucional; e d) seqüência dinâmica de mudança técnica e crescimento econômico.

Quanto à inovação induzida no setor privado, Hayami & Ruttan consideram a mudança técnica como sendo uma mudança nos coeficientes de produção, resultante da atividade dirigida para a obtenção de novo conhecimento transformado em processos, materiais ou organizações. Assim, as firmas competitivas atuam racionalmente ao alocar fundos para o desenvolvimento de uma tecnologia que facilite a substituição de fatores mais caros pelo menos caros.

Quanto à inovação técnica gerada pelo setor público, Hayami & Ruttan (1971, p.57) alegam que ela é induzida pela dotação de fatores que se manifestam pelos preços de mercado. Estes induzem os agricultores a pressionar por tecnologias que utilizem mais os recursos abundantes e menos os recursos escassos.

Mas Hayami & Ruttan (1971, p.59) reconhecem que a mudança técnica na agricultura reflete, além dos efeitos da dotação de recursos e o crescimento na demanda, o progresso na ciência em geral e na tecnologia.

Quanto à inovação institucional, os autores hipotetizam que as instituições que governam o uso da tecnologia ou o modo de produção também podem ser induzidas a mudar. Essas mudanças capacitam os indivíduos e a sociedade a ter completa vantagem das novas oportunidades técnicas sob condições de mercado favoráveis. É improvável que a mudança institucional seja viável, a menos que os benefícios à sociedade excedam os seus custos.

Da análise do modelo de Hayami & Ruttan, constatamos ser ele um modelo de geração de tecnologia, em que esta surge, principalmente, por forças endógenas ao setor agrícola. Podem ser inovações de produto e de processo, tanto quanto pequenas e grandes inovações.

O modelo de De Janvry (1978) segue na linha de análise do modelo de Hayami & Ruttan, e procura especificar mais rigorosamente os processos de decisão subjacentes às gerações de inovações tecnológicas agrícolas pelo setor público. Mostra-se a interação dinâmica da pressão econômica versus os incentivos econômicos, sendo introduzidos os elementos sociais na teoria econômica da motivação das inovações.

O modelo de De Janvry considera a tecnologia agrícola como um bem público. A economia é composta de grupos sociais diferentes e a produção

de um bem público favorece esses grupos em graus distintos.

A partir de uma determinada estrutura sócio-econômica e conhecendo a oferta potencial de inovações, deriva-se uma matriz de retornos esperados ex-ante para uma série de agentes econômicos. A partir dessa matriz de retornos esperados das inovações, os agentes econômicos constituem uma demanda latente por elas, exercendo pressões sobre a estrutura política burocrática, de modo a torná-las uma demanda efetiva por inovações. Esta última é colocada para as instituições produtoras de inovações, que gerarão uma oferta efetiva delas. Esta oferta atuará sobre a estrutura sócio-econômica, gerando uma matriz de retornos efetivos.

O Modelo de De Janvry, assim como o de Hayami & Ruttan, é um modelo para explicar a geração de tecnologia. Essa pode ser uma inovação de processo e de produto, bem como grandes e pequenas inovações. O aspecto que mais diferencia esses dois modelos é que o modelo de De Janvry acrescenta a possibilidade de as pressões pela geração de tecnologias poderem vir de dentro e de fora do setor agrícola. Como exemplo disso, temos a possibilidade de pressões do setor industrial e do setor família por certa qualidade dos produtos agrícolas.

Pastore et al. (1976) procuram explicar as condições responsáveis pelos movimentos de avanço, estagnação e retrocesso na criação e difusão de inovações tecnológicas, ocorridas no processo de evolução da agricultura brasileira depois de 1930. Para tanto, utilizou-se a hipótese da inovação induzida, acrescida dos seguintes fatores (que representam forças estimuladoras ou bloqueadoras dos movimentos inovadores):

- o grau de concentração geográfica do produto;
- a possibilidade de industrialização ou de comercialização externa do produto; e
- a possibilidade de incorporar resultados de pesquisa obtidos no exterior.

O grau de concentração geográfica do produto gera influência no processo de geração de tecnologia, pois favorece a constituição de grupos de pressão e homogeneiza ecologicamente as áreas de cultivo, favorecendo o processo de geração, adaptação e difusão da inovação tecnológica. A possibilidade de industrialização e/ou a venda ao mercado externo leva ao surgimento de certas exigências de qualidade, que se refletem em discriminações de preços. Essas, por sua vez, levam à constituição de grupos de pressões junto às autoridades para que as pesquisas garantam tais qualidades. E a presença de resultados de pesquisa do exterior acelera e diminui os custos das

pesquisas nacionais.

Analisando o processo de geração de tecnologia nas culturas de café, algodão, cana-de-açúcar, feijão, arroz e milho, Pastore et al. (1976) concluem que as condições adicionais anteriormente comentadas foram mais efetivas para os produtos de exportação (café, algodão e cana-de-açúcar). Devido a isso, esses produtos tiveram maior desenvolvimento tecnológico do que os produtos de consumo doméstico.

O Modelo de Pastore et al. (1976), sendo uma extensão do Modelo de Inovação Induzida, é um modelo de geração de tecnologia, considerando inovações de processo e de produto, bem como grandes e pequenas inovações.

O Modelo do Mecanismo de Autocontrole de Ruy Miller Paiva é analisado por meio da construção teórica mais recente de Paiva et al. (1976, p.20-27). É feita a distinção entre a adoção e a difusão da tecnologia moderna.

A adoção da tecnologia moderna, um problema de caráter microeconômico, é uma decisão direta dos agricultores. A vantagem econômica da técnica moderna sobre a tradicional ocorre quando:

$$\frac{Q^M}{X^M} \cdot \frac{P_q}{P^{M_x}} > \frac{Q^T}{X^T} \cdot \frac{P_q}{P^{T_x}},$$

onde:

Q^M = quantidade do produto obtido com técnicas modernas;

Q^T = quantidade do produto obtido com técnicas tradicionais;

X^M = quantidade de fatores modernos despendidos na produção;

X^T = quantidade de fatores tradicionais despendidos na produção;

P_q = preço do produto;

P^{M_x} = preço dos fatores da técnica moderna;

P^{T_x} = preço dos fatores da técnica tradicional.

As vantagens da tecnologia moderna sobre a tradicional dependem: da relação entre as produtividades em termos físicos dos fatores modernos e tradicionais (Q^M / X^M)/(Q^T / X^T), sendo que o aumento na produtividade do fator moderno aumenta as vantagens econômicas da tecnologia moderna; da relação entre os preços dos fatores modernos e tradicionais (P^{M_x}) / (P^{T_x}), sendo que a redução dos preços dos fatores tradicionais (terra e mão-de-obra) em relação aos preços dos fatores modernos desfavorece econômica-

mente o emprego da tecnologia moderna; e das relações entre os preços do produto e dos fatores modernos e tradicionais $(Pq) / (P^{M_x})$ e $(Pq) / (P^{T_x})$, sendo que a elevação do preço do produto em relação ao preço do fator moderno favorece o seu emprego.

A difusão da tecnologia moderna (expansão da adoção entre os agricultores) depende da vantagem econômica das técnicas modernas sobre as tradicionais e de uma série de elementos, como a disponibilidade de conhecimentos técnicos e de recursos materiais dos agricultores, a facilidade de crédito, a habilidade gerencial dos empresários agrícolas, entre outros.

Numa economia de livre empresa, orientada pelas forças de mercado, ocorre um grau adequado de modernização do setor agrícola através do próprio mercado. Isto funciona da seguinte maneira: a difusão da tecnologia moderna aumenta o grau de modernização e eleva a produção; dado que a demanda de produtos agrícolas é pouco elástica às variações na renda, ocorre queda do preço do produto; além disso, a diminuição no emprego dos fatores tradicionais (mão-de-obra e terra) diminuem seus preços. A elevação de $(P^{M_x}) / (P^{T_x})$ e a redução de $(Pq) / (P^{M_x})$ coloca uma limitação ao processo de difusão da tecnologia moderna.

O mecanismo de autocontrole está sujeito a algumas limitações, a saber: não ocorre no início do processo de modernização; as técnicas modernas que não implicam aumento da despesa de capital, mas sim a utilização diferente dos fatores já existentes, não sofrem a ação do mecanismo de autocontrole; os produtos exportáveis de demanda perfeitamente elástica estão menos sujeitos ao mecanismo de autocontrole; e o mecanismo de autocontrole é válido para a agricultura como um todo, sendo que para alguns produtos pode ocorrer que todos os seus produtores se modernizem.

As implicações políticas do mecanismo de autocontrole são que o dualismo tecnológico na agricultura é uma condição normal nos países em desenvolvimento, e a modernização do setor agrícola depende da expansão do setor não agrícola.

Observe que o Modelo de Ruy Miller Paiva é nitidamente um modelo de difusão. Considera-se a tecnologia como dada e procura-se explicar o limite de sua difusão. As inovações consideradas podem ser de processo e/ou de produto, e com grandes impactos na produtividade.

OS MODELOS DE AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS DA MUDANÇA TÉCNICA NA AGRICULTURA SOBRE OS AGENTES ECONÔMICOS

Consideremos agora os modelos que tratam dos efeitos da adoção da tecnologia moderna na agricultura sobre os agentes econômicos.

Uma abordagem muito utilizada é a do excedente do consumidor e do produtor, que permite avaliar a distribuição dos ganhos de uma inovação tecnológica entre consumidores e produtores. Tal abordagem foi aplicada por Scobie & Posada (1978) no caso da inovação tecnológica na cultura do arroz na Colômbia. No caso brasileiro, calculou-se o excedente do produtor para aplicá-lo em modelos que estimassem o retorno social dos gastos em pesquisas. Assim, tivemos o trabalho de Ayer & Schuh (1972), que estimaram o retorno das pesquisas com algodão; o trabalho de Fonseca (1976) para o retorno das pesquisas com a cultura do café; o trabalho de Moricochi (1980) para o retorno das pesquisas com laranja, entre outros. O princípio é o seguinte: na Figura 1, DD é a curva de demanda do mercado e SS a curva de oferta do mercado de um produto agrícola antes da inovação. O excedente do consumidor é a área $||||$ e o excedente do produtor, a área $≡≡≡$. Ocorrendo a inovação tecnológica, a curva de oferta passa a ser S^1S^1 . Os excedentes do consumidor e do produtor aumentam.

Se os pontos relevantes da curva de demanda forem muito elásticos às variações dos preços, o excedente do consumidor será muito pequeno. Nesse caso, uma inovação tecnológica elevará o excedente do produtor. Na Figura 2, vemos que o excedente do produtor aumenta quando a curva de oferta desloca de SS para S^1S^1 (devido à adoção da tecnologia moderna).

Se os pontos relevantes da curva de demanda forem muito inelásticos às variações dos preços, o excedente do consumidor será grande, e uma inovação tecnológica o elevará e diminuirá o excedente do produtor (Figura 3).

Em resumo, sendo os pontos relevantes da curva de demanda por um produto agrícola muito elásticos às variações dos preços, a adoção de uma inovação tecnológica favorece os produtores; e sendo os pontos relevantes da curva de demanda muito inelásticos às variações dos preços, a adoção de uma inovação tecnológica favorece os consumidores.

Esses modelos do excedente do produtor e do consumidor estão preocupados com grandes inovações, que podem ser de produto e/ou de processo e que implicam significativos deslocamentos da curva de oferta. Não se preocupam em explicar nem a geração nem a difusão de tecnologia.

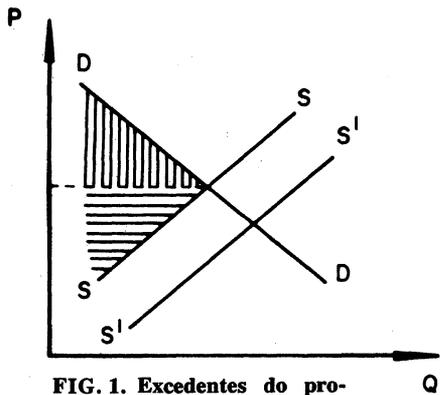


FIG. 1. Excedentes do produtor e consumidor.

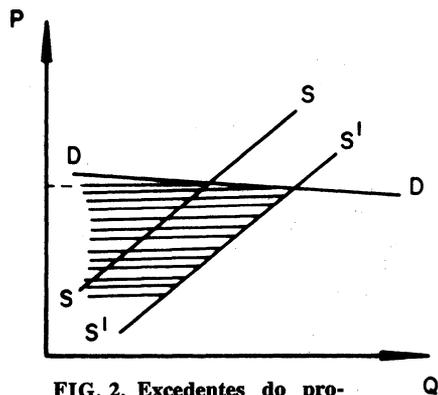


FIG. 2. Excedentes do produtor e do consumidor para o caso de demanda bastante elástica a variações de preços.

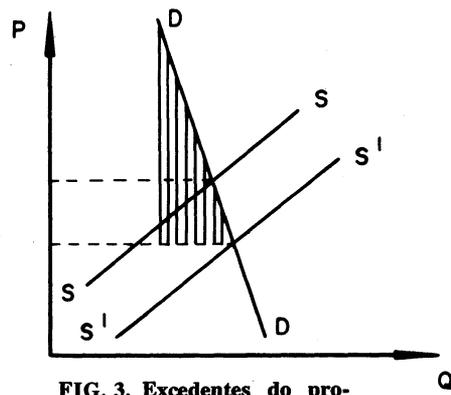


FIG. 3. Excedentes do produtor e do consumidor para o caso de demanda bastante inelástica a variações de preços.

Quanto à remuneração dos fatores de produção, quando surge uma inovação tecnológica que é adotada pelos produtores, consideremos dois modelos: o modelo de Pastore & Barros (1976) e o modelo de Pinto & Barros (1978).

O modelo de Pastore & Barros (1976) é um modelo de equilíbrio geral, que permite tratar os efeitos da inovação tecnológica. Esses autores discutem a colocação de Ruy Miller Paiva, segundo a qual haveria um limite para a adoção da tecnologia moderna dado pelo mecanismo de autocontrole. Uma vez adotada a tecnologia moderna na agricultura, ocorre desemprego da mão-de-obra, pois o setor urbano não se expande de modo a absorver a mão-de-obra liberada pela agricultura.

Pastore & Barros (1976) procuram mostrar que a colocação de Ruy Miller Paiva é válida para uma economia fechada, em que ocorre uma demanda inelástica pelos produtos agrícolas. Para uma economia aberta, em que ocorre políticas econômicas adequadas, é possível ampliar o volume de emprego e de salários com a utilização da tecnologia moderna na agricultura.

O modelo de Pinto & Barros (1979) é um modelo de equilíbrio parcial, que procura analisar as conseqüências das elevações (consideradas exógenas) da produtividade dos bens exportáveis (mantida constante a produtividade dos bens domésticos), das elevações do preço externo dos produtos de exportação e de elevações da renda doméstica urbana sobre a produção e o preço de bens domésticos e sobre a remuneração do trabalho no campo.

O modelo divide a produção agrícola em bens exportáveis (X) e bens domésticos (H); considera os pontos relevantes da curva de demanda por produtos exportáveis como sendo infinitamente elásticos a variações nos preços; admite que o progresso técnico incide a taxas maiores sobre a produção de exportáveis; ocorre tendência à elevação de preços dos produtos exportáveis no mercado internacional; a renda do setor urbano cresce a taxas elevadas; a política cambial não é afetada pelo crescimento das exportações agrícolas; a elasticidade de substituição no consumo entre Q^X e Q^H é baixa; e a oferta de mão-de-obra é uma função crescente do salário real.

Pinto & Barros (1979) concluíram que um aumento da produtividade do setor exportador (causado, por exemplo, pela adoção de tecnologia moderna) causa um aumento do preço dos bens domésticos e a diminuição de sua produção; aumenta a produção dos bens exportáveis; aumenta o emprego global (embora ele diminua no setor de bens domésticos, ele tem um aumento mais do que proporcional no setor de bens exportáveis) e gera um aumento do salário real.

Assim como os modelos de excedente do produtor e do consumidor analisados, os modelos de Pastore & Barros (1976) e Pinto & Barros (1978) não se preocupam em explicar nem a geração nem a difusão de tecnologia. Consideram grandes inovações, que podem ser de processo e/ou de produto. Dadas essas inovações, avaliam quais os seus impactos sobre as remunerações dos agentes econômicos e sobre o nível de emprego rural.

CONCLUSÕES

Nas páginas anteriores vimos que as inovações na agricultura podem ser biológicas, químicas, agronômicas e mecânicas.

As inovações químicas e agronômicas consistem tanto em grandes como em pequenas inovações. As inovações mecânicas e biológicas são com muita frequência, grandes inovações.

As inovações agronômicas são inovações de processo e as inovações químicas, biológicas e mecânicas são inovações de produto.

Mas temos constatado no Brasil o surgimento de pacotes tecnológicos, que são uma combinação de grandes e pequenas inovações de processo e de produto, que dão um grande salto na produtividade de certas culturas.

Os modelos neoclássicos que analisam os impactos da mudança tecnológica no comportamento do setor agrícola não se pautaram em qualificar seus modelos como sendo de geração e/ou de difusão de tecnologia. Também não se ativeram à importância de classificar as inovações tecnológicas em grandes ou pequenos, segundo os seus impactos sobre a produtividade, nem se são inovações de produto e/ou de processo.

Supomos que se um modelo não especifica se a inovação considerada é biológica, química, agronômica ou mecânica, ele a considera como sendo inovação de produto e/ou de processo. Se houver referência a um grande aumento da produtividade, a inovação terá de ser grande, ou, então, grandes inovações interligadas com pequenas inovações constituindo-se em pacote tecnológico. Se o modelo não se refere à magnitude da mudança técnica, consideramos que ele considera tanto as grandes quanto as pequenas inovações.

A partir disso, constatamos que os modelos de Fei e Ranis e de Jorgenson não explicam nem a geração nem a difusão de tecnologia. Consideram grandes inovações, que podem ser de processo e/ou de produto. Pequenas inovações interligadas a grandes inovações constituindo-se em pacotes tecnológicos também captam o papel atribuído à inovação por aqueles autores.

Classificamos os modelos que explicam o processo de modernização da

agricultura em modelos de difusão de tecnologia (o Modelo do Impacto Urbano-Industrial, o Modelo de Difusão e o Mecanismo de Autocontrole de Ruy Miller Paiva), em modelos de geração de tecnologia (o Modelo de Conservação, o Modelo de Inovação Induzida, o Modelo de De Janvry e o Modelo de Pastore, Dias e Castro) e em modelos de geração e difusão de tecnologia (o Modelo de Insumos Modernos).

Os modelos do excedente do consumidor, de Pastore & Barros (1976) e de Pinto & Barros (1979) não explicam nem a geração nem a difusão de tecnologia. Consideram grandes inovações, que podem ser de processo e/ou de produto.

Com essas qualificações conseguimos entender melhor os modelos aqui discutidos, principalmente os seus alcances. Isto nos permite utilizá-los mais eficientemente no delineamento de políticas para o desenvolvimento agrícola.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, J.D. **Padrões tecnológicos e transformação no setor leiteiro: uma abordagem schumpeteriana**. São Paulo: IPE/USP, 1989. Tese de Doutorado.
- AYER, H.W.; SCHUH, G.E. Social rates of return and other aspects of agriculture research; the case of cotton research in São Paulo, Brazil. **American Journal of Agricultural Economics**, nº 54, 1972.
- CRUZ, H.N. Observações sobre a mudança tecnológica em Schumpeter. **Estudos Econômicos**, v.18, n.3, p.433-448, set./dez. 1988.
- DE JANVRY, A. A socioeconomic model of induced innovations for Argentine agricultural development. **Quarterly Journal of Economics**, n.3, p.410-435, ago. 1973.
- DE JANVRY, A. Social structure and biased technical change in Argentine agriculture. In: BINSWANGER, H.P.; RUTTAN, V.W. **Induced innovation; technology, institutions and development**. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1978. p.297-323.
- FONSECA, M.A.S. **Retorno social aos investimentos em pesquisa na cultura do café**. Piracicaba: ESALQ-USP, 1976. Dissertação de Mestrado.
- HAYAMI, Y.; RUTTAN, V.W. **Agricultural development; an international perspective**. Baltimore: The Johns Hopkins Press, 1971.
- LEWIS, W.A. O desenvolvimento econômico com oferta ilimitada da mão-de-obra. In: AGARWALA, A.N.; SINGH, S.P. **A economia do subdesenvolvimento**. São Paulo: Forense, 1969. p.406-456.
- MELO, F.H. de. **O problema alimentar no Brasil**. São Paulo: Paz e Terra, 1983.
- MORICCHI, L. **Pesquisa e assistência técnica na citricultura; custos e retornos sociais**. Piracicaba: ESALQ-USP, 1980. Dissertação de Mestrado.
- PAIVA, R.M.; SCHATAN, S.; FREITAS, C.F.T. **Setor agrícola do Brasil; comportamento econômico, problemas e possibilidades**. 2.ed. Rio de Janeiro: Forense-Universitária, São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1976.

- PASTORE, A.C.; BARROS, J.R.M. Absorção de mão-de-obra e os efeitos distributivos do progresso tecnológico na agricultura. **Revista Brasileira de Economia**, v.30, n.3, p.263-293, jul./set. 1976.
- PASTORE, J.; DIAS, G.L.S.; CASTRO, M.C. Condicionantes da produtividade da pesquisa agrícola no Brasil. **Estudos Econômicos**, v.6, n.3, p.147-181, 1976.
- PINTO, M.B.P.; BARROS, J.R.M. A agricultura brasileira e o problema da produção de alimentos; uma exposição gráfica. **Revista Brasileira de Economia**, v.33, n.1, p.139-155, jan./mar. 1979.
- SABATO, J.A.; MACKENZIE, M. **Tecnologia e estrutura produtiva**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1981. (Publicações Especiais, nº 10).
- SANTOS, R.F. dos. **Presença de vieses de mudança técnica na agricultura brasileira**. São Paulo: IPE-FEA-USP, 1986. Tese de Doutorado.
- SCOBIE, G.M.; POSADA, R. The impact of technical change on income distribution; the case of rice in Colombia. **American Journal of Agricultural Economics**, v.60, n.1, p.85-92, 1978.
- UTTERBACK, J.M.; ABERNATHY, W.J. A dynamic model of process and product innovation. **The International Journal of Management Science**, v.3, n.6, p.639-656, 1975.