

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade
Departamento de Economia

Lucas Santos de Souza

**UMA REVISÃO DE LITERATURA SOBRE INOVAÇÃO E MUDANÇA
TÉCNICA NA AGRICULTURA**

Brasília
2019

LUCAS SANTOS DE SOUZA

UMA REVISÃO DE LITERATURA SOBRE INOVAÇÃO E MUDANÇA TÉCNICA NA
AGRICULTURA

Monografia apresentada ao Departamento de Economia da Universidade de Brasília – UnB, como requisito parcial à obtenção do grau de bacharelado em Ciências Econômicas, na Universidade de Brasília.

Brasília

2019

Souza, Lucas Santos.

Uma revisão de literatura sobre Inovação e Mudança Técnica na Agricultura / Lucas Santos de Souza. - Brasília, 2019.

84p.: il.

Trabalho de Conclusão de Curso(graduação)- Universidade de Brasília, Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Bacharelado em Ciências Econômicas, 2019.

Orientador: Pedro Henrique Zuchi da Conceição

1. Inovação. 2. Modernização. 3. Agricultura. I.Título.

LUCAS SANTOS DE SOUZA

UMA REVISÃO DE LITERATURA SOBRE INOVAÇÃO E MUDANÇA TÉCNICA NA
AGRICULTURA

Monografia apresentada ao Departamento de Economia da Universidade de Brasília – UnB, como requisito parcial à obtenção do grau de bacharelado em Ciências Econômicas, na Universidade de Brasília.

Aprovado em

Prof Dr. Pedro Henrique Zuchi da Conceição

Orientador

Prof. Dr. Jorge Madeira Nogueira

Banca

Brasília

2019

Resumo

O presente trabalho tem como objetivo analisar algumas teorias sobre geração e difusão das inovações na agricultura. Para isso, realiza-se uma revisão de literatura na qual se apresentam as teorias de mudança técnica induzida, modernização a partir de fatores modernos e o padrão de difusão empírico de uma inovação agrícola. Por fim, tenta-se relacioná-las e discutir suas implicações em possíveis esforços de políticas públicas voltadas ao aumento de incentivos para a adoção de tecnologias e modernização da agricultura como um todo.

Palavras-chave: inovação, modernização, agricultura.

Abstract

This paper aims to analyze some theories about generation and diffusion of innovations in agriculture. To this end, a literature review is presented in which the theories of induced technical change, modernization from modern factors and the empirical diffusion pattern of an agricultural innovation are presented. Finally, we try to relate them and discuss their implications on possible public policy efforts aimed at increasing incentives for technology adoption and modernization of agriculture as a whole.

Keywords: innovation, modernization, agriculture.

Lista de Figuras

1	Crescimento do rendimento por hectare comparado ao uso da terra. . .	13
2	Viés de inovação induzida por preços relativos.	31
3	Mudança técnica induzida na agricultura.	38
4	Modelo Geral de Inovação Induzida.	43
5	Ajuste para o equilíbrio de demanda latente.	48
6	Ajuste enviesado pela demanda real.	51
7	Dinâmica de geração de tecnologia.	51
8	Porcentagem da área plantada com sementes de milho híbrido.	59
9	Comportamento das funções exponencial e logística.	64
10	Simulação do comportamento da função de difusão mista conforme variação de σ , tal que $\sigma = 0,5/(0,5 + \beta * 1)$	65

Sumário

1	Introdução	10
2	A Mudança Técnica na Agricultura	12
2.1	Aspectos da Produção Agrícola	14
2.2	Definições e Características da Tecnologia Agrícola	17
2.3	Consequências da Mudança Tecnológica na Renda dos Produtores . .	20
3	Geração de Inovação para a Agricultura	23
3.1	Inovação vindo de fora do setor agrícola	24
3.2	A Natureza da Informação e da Pesquisa Agrícola	26
3.3	Inovação Induzida	28
3.4	Inovação Induzida para a Agricultura, segundo Hayami e Ruttan(1988) .	31
3.4.1	Inovação Institucional Induzida	39
3.4.2	Um Modelo Geral de Inovação Induzida	42
3.5	O Viés de Inovação Induzida Institucionalmente, segundo De Janvry(1973)	43
3.5.1	Categorias de Inovação Agrícola	44
3.5.2	A Demanda Real e o Treadmill	46
3.5.3	A Dinâmica de Ajuste da Demanda Real para a Demanda Latente	47
4	Modernização Agrícola	53
4.1	A Transformação da Agricultura Tradicional, segundo Schultz (1965) . .	53
4.2	O Padrão Empírico da Difusão da Inovação Agrícola	58
4.2.1	Modelos Epidemiológicos de Difusão, segundo Geroski(2001) .	61
4.3	Fatores Condicionantes da Adoção de Tecnologia	66
4.3.1	Características Socioeconômicas e Internas do Produtor, segundo Filho et al.(2011)	67
4.3.2	Características da Forma da Produção, da Propriedade Rural, da Tecnologia e os Fatores Sistêmicos	71
5	Considerações Finais	74
6	Referências Bibliográficas	77

7 Apêndices	82
7.1 Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária	82
7.2 Plano Safra: 2017-2020	83

1 Introdução

O domínio sobre a agricultura foi uma das principais conquistas da espécie humana. Devido a nova capacidade de cultivar o próprio alimento, a necessidade contínua de buscar novas terras que apresentassem abundância de recursos foi reduzida, o que permitiu ao homem uma nova direção no uso da energia e dos esforços que eram realizados nas antigas migrações. Dessa forma, com maior estabilidade em um local fixo, uma maior dedicação ao desenvolvimento de novas atividades foi permitida, o que auxiliou no aumento de bem-estar da comunidade.

Este trabalho tenta através de uma revisão da literatura organizar quais são as principais variáveis que influenciam e incentivam a geração de novas técnicas agrícolas. Além disso, busca verificar em qual contexto é possível ocorrer a modernização de uma agricultura pobre, como também examinar o que influencia no processo de decisão de uma firma ao ofertar uma tecnologia, e como essa tecnologia pode se espalhar pela economia.

Para isso, o trabalho se divide em três capítulos principais acrescidos de introdução e conclusão. No primeiro capítulo, tenta-se apresentar as características do produto e da produção agrícola, bem como as características da tecnologia aplicada a agricultura e as suas consequências na renda dos agentes após a adoção da inovação.

No segundo capítulo, o foco se direciona para os incentivos que guiam a geração da inovação agrícola. Inicialmente se apresenta a classificação do setor agrícola como sendo um setor passivo a inovações, isto é, os agentes que habitam o setor recebem a tecnologia de setores não agrícolas. Sobre estes outros setores, é apresentado as duas principais forças que atuam sobre o processo inventivo da indústria, sendo a primeira uma força externa vinda do esforço autônomo do cientista e a segunda oriunda de variáveis internas da própria atividade econômica, justificando que a inovação também possui influência de variáveis econômicas.

Em seguida é apresentada a teoria de inovação induzida aplicada ao setor agrícola, no qual o foco principal é a discussão da existência de um viés guiado pelos preços relativos que induzirão a geração das novas técnicas. O capítulo se encerra

com a apresentação de como a geração de inovação feita pelo setor público pode ser direcionada para diferentes caminhos e quais seriam as principais consequências desse viés.

O terceiro capítulo trata sobre a modernização agrícola. A primeira parte desse capítulo é uma apresentação da teoria de fatores modernos de Schultz(1965), onde é verificado quais as melhores condições para se realizar uma transformação da agricultura tradicional. Em seguida, segue uma discussão sobre o padrão empírico da difusão da tecnologia agrícola. Por fim, na última seção são apresentadas as variáveis que podem diferenciar um produtor do outro e, dessa maneira, afetar o processo de adoção da tecnologia.

2 A Mudança Técnica na Agricultura

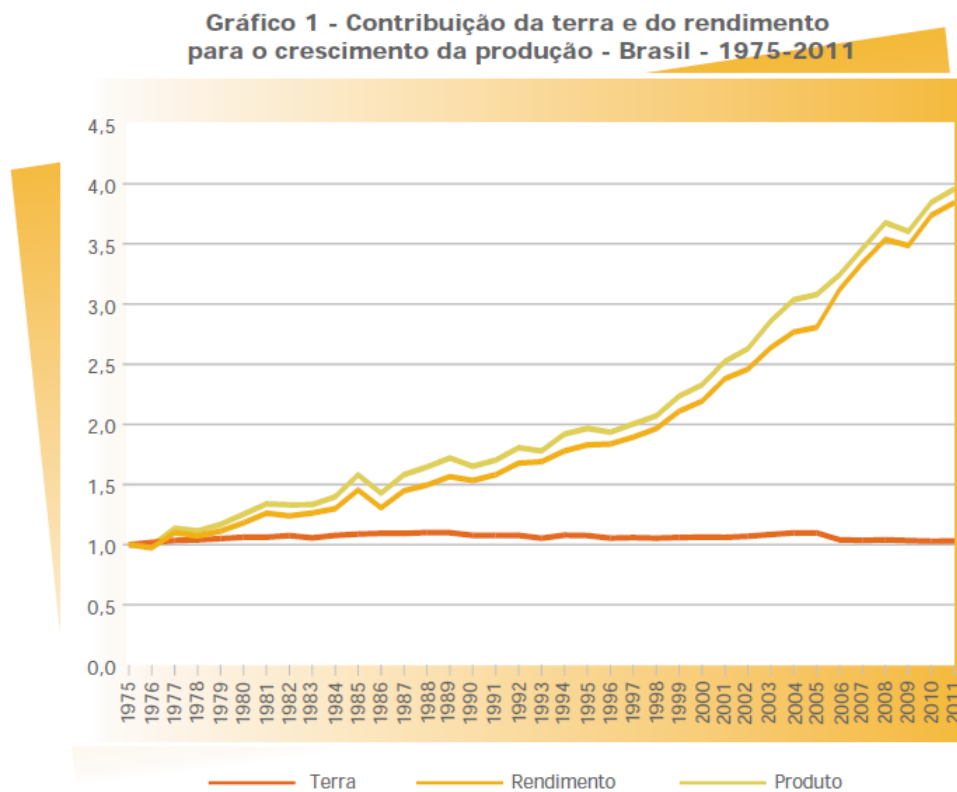
A questão da produtividade da terra e do volume de bens agrícolas produzidos por ela teve algum destaque entre os economistas clássicos. Malthus, em sua teoria populacional, concluía que devido as diferentes taxas de crescimento de alimentos e população, a sociedade tenderia a uma instabilidade, dado que haveria mais pessoas vivas do que alimentos disponíveis.

David Ricardo, afirma Silva(1995, cap. 2), apresentava sua teoria de distribuição da renda em que o papel desempenhado pela produtividade da terra era crucial. Assumindo a teoria de valor-trabalho e a hipótese de que a população tenderia a grandes aumentos em períodos nos quais os salários estivessem em um nível superior ao salário de subsistência, Ricardo argumenta que, na medida em que exista a possibilidade de se obter lucro positivo, mais investimentos são feitos e mais trabalho é demandado, o que pressiona o salário pago para um valor acima que o do seu preço natural, e, graças a essa renda acima do nível de subsistência, ocorre um aumento populacional.

Dado o aumento da população, mais alimentos são necessários. Como o total de terras é limitado, na medida em que ocorre a necessidade de se produzir em terras cada vez menos férteis, uma maior quantidade de trabalho é necessária para se produzir mais alimentos, o que acarreta em um aumento no preço dos bens agrícolas, levando a um novo aumento nos salários e na parcela da renda total direcionada à renda da terra.

Como a renda da economia se dividiria entre as três classes relevantes da época, os capitalistas(com seus lucros), donos de terra(com renda da terra) e trabalhadores(com seus salários), esta dinâmica de crescimento populacional obrigando a ocupação e produção de alimentos em terras cada vez menos férteis resultaria em um ajuste decrescente da taxa de lucro da economia, o que, no longo prazo, levaria a economia à um estado estacionário. Porém, com o constante surgimento de novas técnicas que corrigem deficiências no solo e aumentam a produtividade da terra, essas conclusões não se mostram mais tão prováveis.

O impacto de transformação de novas tecnologias agrícolas na produção é tão significativo que Alves et al(2013) defendem a tese de que o desenvolvimento agrário



Fonte: Gasques, J. G. et al. Produtividade da agricultura brasileira e os efeitos de algumas políticas. Revista de Política Agrícola, Brasília, DF, v. 21, n. 3, p. 83-92, jul./set. 2012.

Figura 1: Crescimento do rendimento por hectare comparado ao uso da terra. Retirado de Alves e Contini(2014)

e agrícola brasileiro, a partir do final da década de 1990, passou a possuir uma forma de padrão de acumulação de riqueza baseado em tecnologias.

Os autores argumentam que, anteriormente na história agrária brasileira, a principal fonte de formação e apropriação de riqueza no campo era a terra, o que levava a incentivos de centralidade dessa posse e a processos de acumulação baseados em terra e mão de obra de baixa remuneração.

O novo padrão substitui o antigo quando o papel da terra é substituído pela tecnologia, isto é, a produção e a renda do produtor passa a depender positivamente dos investimentos em fatores modernos de produção, tais como máquinas, variedades de sementes de alto rendimento e treinamento buscando melhorar o capital humano dos agentes envolvidos na produção agrícola. Alves e Contini(2014) mostram que em uma agricultura dominada pelo uso de terra e trabalho, como era a agricultura brasileira até 1960, é de se esperar que toda vez que houver uma expansão da produção agrícola, a utilização de terra e trabalho também aumentem, já que esses insumos guardam

proporções fixas.

Entretanto, como é visto na figura 1, a evolução da contribuição da terra é estável durante o período, enquanto o produto e o incremento do rendimento, que é a produção por hectare, crescem persistentemente, com a linha de rendimento sempre acompanhando a linha de produto. Dessa forma, a hipótese de que a agricultura brasileira, no período de 1975-2011, é dominada por trabalho e utilização de terra não se mostra razoável.

Em vista disso, na conclusão dos autores, como o rendimento está crescendo de forma robusta, isso implica que o produto por hectare está crescendo, o que sugere que houve mudança nos métodos de produção dos agricultores, e que a produção está sendo afetada significativamente pela mudança técnica.

2.1 Aspectos da Produção Agrícola

A utilização de tecnologia muda conforme a maneira que se planeja aplicá-la. Diferentes processos de produção demandam diferentes tecnologias. Por isso, convém saber como o processo de produção agrícola se desenvolve para verificar como são as características das tecnologias aplicadas neste processo.

Agricultura pode ser entendida como uma atividade que tem como objetivo a preparação do solo para a produção de vegetais úteis ao homem ou úteis a outras práticas, como a da criação de animais. **Setor agrícola** pode ser definido como "o setor de uma economia que produz uma determinada classe de produtos, produtos esses que se originam principalmente das plantas e dos animais"(Schultz, 1965, p.17).

Marques et al.(2006) destacam que a produção agropecuária possui como características a comercialização não diferenciada de seus produtos, sendo que o esforço de diferenciação do produtor vem com tentativas de embalagens, serviços e outros elementos que agregam valores.

Além disso, o produto, por geralmente ser perecível, o que impõe um limite de restrição para comercialização, é produzido em forma bruta, sendo necessário uma etapa de processamento do produto antes que seja levado ao consumidor.

Por apresentar uma sensibilidade ao clima, a produção é sazonal, o que implica em custos de armazenamento e planejamento futuro para evitar o desabastecimento em períodos de entressafra. Por ser sazonal, a produção também requer um planejamento anterior, o que limita a capacidade do produtor de ajustar a produção a mudanças repentinas no mercado. Por fim, a produção agropecuária é vista como sendo atomizada em relação a locais geográficos e tamanho da unidade produtiva, o que causa nas firmas um alto grau de concorrência. Entretanto, devido a uma estrutura de poucos vendedores de insumos necessários para a produção e poucos compradores diretos de seus produtos, normalmente os produtores se organizam em Associações e Cooperativas para escoar suas produções e reduzir imperfeições de mercado.

Sobre a demanda de produtos agrícolas, Marques et al(2006) afirmam que o consumidor típico não se interessa pelo bem agrícola em sua forma bruta, é apenas depois que os intermediários transformam o produto que começa a existir satisfação em consumir.

Os autores destacam duas espécies de demandas que existem para o produto. A primeira é a demanda primária, que é a demanda do consumidor final e que surge através das suas preferências; a segunda é a demanda que os produtores de fato encaram ao possuírem seus produtos em mãos. Tal demanda é chamada de demanda derivada, que por sua vez depende da demanda pelo produto ao nível do varejo. Como o consumidor final se interessa pelo produto apenas depois do mesmo estar devidamente processado, o produto agrícola é tido como uma matéria-prima no processo dessa transformação até que chegue ao consumidor. Ao se agregar tudo, tem-se a demanda de mercado, que geralmente é tida como inelástica em relação ao preço.

A inelasticidade presente na demanda de produtos agrícolas vem da necessidade biológica de alimentação juntamente com o limite de ingestão de alimentos do indivíduo. Dessa forma, uma queda no preço do alimento tende a causar um aumento na quantidade menos que proporcional a redução de preço, o que tem impacto direto na redução da receita total do produtor. Uma conclusão sugerida por Marques et al(2006) sobre essa estrutura de mercado é a de que em anos de boa safra a receita total do produtor tenda a cair, uma vez que, devido ao excesso de oferta, o preço tende a cair e a quantidade não tende a aumentar na mesma proporção. De maneira

contrária, anos ruins em termos de produção podem impactar positivamente a receita de produtores individuais.

Um outro aspecto sensível do produto agrícola é a sua necessidade em respeitar certos princípios ecológicos determinados inicialmente pela própria natureza para o desenvolvimento da planta.

Ao descrever o processo de produção agrícola, Romeiro(1998) ressalta que um dos principais fatores para a produção agrícola está na observação do nível de fertilidade do solo, que é muito influenciado pela estrutura física do solo. A estrutura do solo influencia diretamente o desenvolvimento de raízes, de modo que permite uma boa circulação do ar, uma boa retenção de água e boas condições para as atividades microbianas que ajudam no desenvolvimento da planta.

Do ponto de vista agrônomo, um solo com boa estrutura tem como principais características a porosidade e a coesão, que, de acordo com Romeiro(1998), o tornam permeável, arejado e estavelmente capaz de reter água contra a gravidade. Dessa forma, garantir uma boa estrutura do solo para obter um bom cultivo futuro se torna uma das preocupações do produtor.

Uma planta geralmente não se desenvolve se não obtiver os nutrientes necessários para seu desenvolvimento. Como tais nutrientes estão presentes no solo, e os níveis de porosidade e coesão influenciam nos processos de desenvolvimento das raízes, a estrutura do solo também influencia parte da capacidade de absorção de nutrientes de uma planta.

Como cada espécie de planta possui seus próprios valores ótimos de absorção de nutrientes para seu desenvolvimento, quantidades disponíveis de nutrientes e níveis diferentes de porosidade geram níveis diferentes de crescimento. Um fato existente no processo da agricultura é que constantes cultivos de uma mesma espécie de planta em um mesmo solo geram diminuição na quantidade dos nutrientes necessários para o desenvolvimento disponíveis naquele solo. Tal desgaste do solo se apresenta como um dos principais problemas presentes no que se é conhecido como agricultura intensiva, onde se predomina a monocultura intensiva em um mesmo solo. Surge, dessa forma, a preocupação dos produtores em complementar os nutrientes

do solo com fontes externas.

Essas preocupações em corrigir aspectos de porosidade e coesão no solo junto com a atenção de fornecer nutrientes suficientes para o desenvolvimento da planta são algumas partes do que formam a preocupação principal de preparar a terra para o plantio.

Conforme destaca Romeiro(1998), complementar os nutrientes químicos com fontes externas vêm com advertências de não se perturbar o equilíbrio bioquímico do solo. Uma escolha por uma técnica de fertilização química desequilibrada tem como efeito um desenvolvimento desequilibrado, o que causa reações adversas diretamente na produção e, conseqüentemente, na renda do produtor. Nasce, portanto, uma preocupação do produtor em adotar uma tecnologia que não prejudique este equilíbrio e que respeite certos aspectos da natureza.

2.2 Definições e Características da Tecnologia Agrícola

Como este é um trabalho de revisão de literatura, que tenta organizar diferentes abordagens de diferentes autores, a menos que esteja explicitamente definido na abordagem particular de algum autor, os termos de mudança técnica e mudança tecnológica serão entendido, de maneira geral, como os definidos a seguir.

Segundo o Manual de Oslo(1997, p.55), a **inovação** se define como "a implementação de um produto (bem ou serviço) novo ou significativamente melhorado, ou um processo, ou um novo método de marketing, ou um novo método organizacional nas práticas de negócios, na organização do local de trabalho ou nas relações externas." Isto é, categoriza-se a inovação como novidades de produto, processo, *marketing* e organização.

O que diferencia uma inovação de uma **invenção** é que enquanto a invenção é uma novidade que não foi colocada no mercado, a inovação está presente no mercado e pode ser obtida de forma comercial para o consumo ou processo em alguma etapa de produção. Dessa forma, um **inovador** é a pessoa que pega a invenção e a leva comercialmente para o mercado, de forma que o **inventor** é aquele que a inventa.

O termo "**técnica**" neste trabalho será definido como a maneira, meio, método

ou modo de como algo é realizado. A exemplo, a técnica de semear manualmente se torna diferente da técnica de semeadura mecanizada de grãos, pois enquanto a primeira utiliza de uma ferramenta, a última se utiliza de outra, o que envolve maneiras diferentes de se semear.

O termo "**tecnologia**" será definido aqui como o conjunto das técnicas relativas a agricultura. Isto é, partindo do exemplo anterior, da união das técnicas de semeadura manual e mecanizada se constitui a tecnologia disponível no período em questão. Quando ocorrer uma inovação que apresente uma nova técnica de semeadura, o estado tecnológico vai mudar, e a substituição no uso de uma técnica qualquer pela inovação técnica que surgiu se apresenta como **mudança tecnológica**. Mudança tecnológica é um estado especial do que se entende aqui como **mudança técnica**, que é a substituição do uso de uma técnica qualquer por outra.

Neste trabalho aceita-se a taxonomia criada por Pavitt(1984) de que o setor agrícola se enquadra como sendo um setor dominado por fornecedores, isto é, a inovação incorporada na firma produtora do setor agrícola geralmente vem de fora desta firma, ela vem de fornecedores de outros setores.

Brewster(1950) apud Ruttan(1986) adverte que a mecanização dos processos de produção agrícola não pode ser tratada como uma simples adaptação dos métodos de produção industriais aplicados a agricultura. Como o processo de produção do produto agrícola sofre de características sazonais e requer constantes deslocamentos pelo espaço utilizado, os processos mecânicos utilizados na produção, como os tratores e segadeiras, possuem uma necessidade de apresentar mobilidade para se deslocarem pelo espaço.

Além da necessidade de mobilidade pelo espaço, que as tecnologias mecânicas voltadas para a agricultura geralmente precisam, as tecnologias agrícolas em geral se dividem na tentativa de atender características específicas de cada etapa da produção. Nas etapas de plantar, monitorar, realizar o controle de pragas e, finalmente, colher, cada tecnologia se especializa na tentativa de contribuir para o processo de produção da melhor forma possível.

Como visto em Romeiro(1988), a estrutura do solo influencia diretamente em

seu rendimento. Dessa forma, as tecnologias baseadas em processos químicos e biológicos, que tentam corrigir o solo, aumentar o desempenho das sementes ou combater pragas, ganham importância no processo de produção e precisam de uma alta precisão nas quantidades dos componentes de sua composição, de forma que o seu uso não cause uma ação desfavorável no equilíbrio bioquímico da planta e estrague o produto final.

Vieira Filho e Fishlow(2017) destacam que a inovação tecnológica difere entre agricultura e indústria. Enquanto que na indústria uma nova tecnologia pode contribuir com soluções para todas as firmas independente da região; na agricultura, é necessário uma prévia adaptação ao local específico antes que a tecnologia seja empregada no processo produção. Tecnologias como máquinas ou sementes de alto desempenho precisam de modificações que as façam respeitar as condições da região para o seu rendimento ser pleno. Dessa forma, como essa adaptação vem principalmente da capacidade da pesquisa agrícola oferecer uma possibilidade de adaptação para a tecnologia, a inovação e sua transferência na agricultura se mostram bem dependentes do esforço de pesquisa adaptativa das firmas.

Ruttan(1986), ao analisar a agricultura dos Estados Unidos, mostra que a mudança técnica incorporada ao setor agrícola é originada tanto em setor público quanto privado, cada um com uma contribuição maior em alguns aspectos. Para o período analisado, cerca de 2/3 da pesquisa realizada pelo setor privado estava focada em ciências físicas e engenharia, o que implicaria uma quantidade maior de inovações focadas em maquinário agrícola. A pesquisa do setor público estava focada em melhorias ligadas a engenharia genética e melhoramento de sementes. A maneira em que a mudança técnica alcançaria o agricultor seria através dos insumos comprados de fornecedores e sob a forma de fornecimento de conhecimentos realizados principalmente por fornecedores e consultores privados de tecnologias ou por instituições educacionais.

Ruttan(1986) apresenta alguns critérios usados para justificar a atuação do governo na pesquisa pública. O primeiro é o de que o investimento do setor público seria justificado quando não existissem tantos incentivos para o investimento em pesquisa privada ocorrer, o que levaria a uma quantidade de pesquisa abaixo do valor de ótimo

social e a uma oferta menor de tecnologias.

O segundo critério estaria no momento em que a agenda da pesquisa pública em determinada área fosse interpretada como um complemento para os programas de educação. Dadas as características de alta quantidade de conhecimento incorporado nas tecnologias agrícolas, existiria uma grande vantagem em financiar pesquisa pública, pois essas pesquisas teriam um transbordamento para os programas de educação, principalmente em universidades.

O terceiro argumento é o de que a pesquisa pública contribuiria para manter e melhorar a estrutura competitiva alcançada na agricultura. Ao sustentar um programa de pesquisa voltada a adaptação e desenvolvimento de tecnologias necessárias para a alta produtividade, o setor agrícola não sofreria com uma queda brusca na oferta de tecnologia necessária para manter seu bom desempenho. Por outro lado, nota Ruttan(1986), o governo deveria ser cauteloso em agir quando existisse preocupações de que a pesquisa pública ocupasse o espaço de pesquisas que podem ser realizadas no âmbito de entidades privadas ou então quando o resultado da pesquisa pública notadamente beneficiasse uma parcela restrita da população e prejudicasse outra.

2.3 Consequências da Mudança Tecnológica na Renda dos Produtores

A implementação de uma nova tecnologia na agricultura tem consequências. Um dos principais modelos que retratam estas consequências na renda dos agentes é o modelo da Esteira Agrícola, *Treadmill*, proposto por Cochrane(1958). Este modelo de mudança tecnológica caracteriza a mudança técnica na agricultura como uma esteira rolante: agricultores correriam atrás de novas tecnologias, enquanto permanecem na mesma situação econômica(Vieira Filho & Fishlow, 2017).

Veiga(1991) apresenta o modelo com o cenário inicial do agricultor pioneiro que adota a última tecnologia disponível para reduzir seus custos unitários de produção e aumentar sua produção. Como o setor é caracterizado com firmas produtoras atomizadas, o aumento da produção do agricultor pioneiro tem impacto infinitesimal na oferta agregada do setor, mantendo o preço a um nível relativamente igual ao preço ini-

cial antes da adoção da tecnologia. Com essa redução de custo, o agricultor pioneiro passa a possuir um "lucro extraordinário", enquanto os não adotantes permanecem produzindo aos custos passados.

Portanto, a possibilidade de aumento de lucros está aberta a qualquer agricultor que queira adotar essa nova tecnologia. Com a disseminação da informação, a adoção da inovação vai ganhando espaço entre o agricultor médio e a produção agregada do setor passa a aumentar levando a uma queda nos preços e diminuindo o lucro que, no longo prazo, volta a situação inicial de equilíbrio em que o preço de mercado cobre o custo de produção.

Tem-se nesta dinâmica o *treadmill*, onde o agricultor pioneiro, na medida em que o agricultor médio segue seu exemplo de adotar a nova tecnologia, vai voltando a sua situação não rentável inicial junto com seus demais companheiros de setor.

Pelos custos menores advindos da tecnologia adotada e pelo potencial aumento de produto que será gerado na medida em que novos agricultores adotam novas tecnologias, no longo prazo, o preço do produto tende a cair a um valor inferior ao preço inicial, o que leva a um aumento de bem-estar do consumidor final. Desse modo, o efeito de uma introdução de tecnologia no setor agrícola implica que os beneficiados são os consumidores.

Eventuais agricultores que não consigam adotar a nova tecnologia continuarão a produzir aos custos passados e serão expulsos do mercado, o que leva a outra implicação da mudança tecnológica no setor agrícola, que é a de redistribuição de ativos fundiários a cada nova rodada de tecnologia introduzida e adotada no setor. Tais ativos de produção podem ser comprados por agricultores que já estão operando no setor, o que gera concentração. Veiga(1991) destaca que essa aquisição dos bens de produção não alteraria os custos de produção unitário do agricultor, já que o aumento da capacidade provocaria retornos constantes de escala.

Existe a possibilidade da imposição governamental de políticas de sustentação de preço para retirar um pouco do excedente do consumidor e garantir uma parte ao produtor. Veiga(1991) explica que uma política de sustentação de preços afetaria o *treadmill* no sentido de que ao invés do mercado se ajustar pelo preço do produto

como anteriormente, ele passaria a se ajustar pelo preço da terra. Terra esta que seria o ativo ofertado por aqueles produtores que foram expulsos do mercado por não conseguirem acompanhar a mudança tecnológica.

Como a sustentação de um preço maior que o preço de equilíbrio de mercado garantiria momentaneamente um lucro para os adotantes da tecnologia redutora de custo, o agricultor que produzir mais vai lucrar mais, o que incentivaria uma disputa entre os produtores para possuir uma parte maior da lucro total criado no setor. Isso pressionaria o preço da terra para cima de modo que, no longo prazo, o equilíbrio seria novamente o de apenas produzir para cobrir custos de produção.

Nos termos de Cochrane(1958), segundo Veiga(1991), a política de preços apenas adaptaria uma dinâmica de *product market treadmill* para uma de *land market treadmill*, i.e., não há como escapar da esteira agrícola através de políticas de sustentação de preços, já que qualquer aumento de renda desaparecerá seja pela queda nos preços do produto ou pelo aumento do preço da terra.

3 Geração de Inovação para a Agricultura

Uma mudança no estado da tecnologia significa que uma nova técnica foi acoplada ou retirada do conjunto das técnicas existentes. Neste capítulo, o foco da análise estará tanto no processo de geração das novas técnicas, isto é, na criação de inovações, como na conseqüente mudança técnica que ela pode induzir.

Ruttan(1997), ao comentar sobre as fontes da mudança técnica, apresenta três abordagens teóricas distintas que foram desenvolvidas ao longo do século XX e que buscam tratar sobre esse fenômeno de mudança. A primeira abordagem é a da Mudança Técnica Induzida, que foca sua atenção nas implicações que as mudanças na demanda e nos preços relativos dos fatores exercem sobre a taxa e a direção da mudança técnica. Essa tradição vem influenciada principalmente pelos estudos de Griliches (1957) e Schmookler(1962) sobre a influência que a demanda de mercado tem sobre a taxa de avanço na oferta de conhecimentos e tecnologias, e pelas observações de Hicks(1932), que notam que uma mudança nos preços relativos dos fatores é um incentivo para a criação de tecnologias que buscam poupar o fator mais caro.

Mudança técnica, para os textos de Ruttan expostos nesse trabalho, pode ser interpretada pela definição encontrada em Hayami e Ruttan(1988), sendo considerada como “variações no coeficiente de produção, resultantes da atividade de uso de recursos, dirigida para o desenvolvimento de conhecimentos novos, incorporados em projetos, produtos, ou organizações” (cap. 4, pág. 101). Isto é, são as inovações que surgiram de um esforço consciente de pesquisa e que substituem as antigas técnicas, realizando, portanto, a variação dos coeficientes de produção. Dessa compreensão, une-se inovação e mudança técnica, implicando que os termos mudança técnica e mudança tecnológica se tornem sinônimos.

A segunda abordagem teórica apresentada por Ruttan(1997) é a da Teoria Evolucionária, fundamentada principalmente nos estudos de Nelson e Winter(1982). Segundo Ruttan, os dois principais mecanismos dos modelos evolucionários são a busca da firma por técnicas melhores e a seleção do mercado para as inovações que serão bem sucedidas. Por ser uma teoria que é construída tentando fornecer uma descrição mais realista do funcionamento interno da firma, as hipóteses comuns a teoria neo-

clássica são abandonadas e substituídas pelo conceito de rotina. As atividades que conduzem a mudança técnica e a sua origem são i) a pesquisa local por inovações técnicas; ii) a imitação das práticas utilizadas pelas outras firmas e iii) o comportamento econômico satisfatório.

A terceira abordagem que busca analisar as fontes da mudança técnica é a *Path Dependence*. Nessa abordagem, o avanço da mudança técnica é tratado como dependente das técnicas existentes no passado. Segundo Ruttan(1997), o artigo que melhor ilustra essa abordagem é o de David(1985), que demonstra como um tipo ineficiente de teclado foi introduzido e se tornou o "paradigma" de tecnologia dominante.

Dentre essas três abordagens que tratam sobre as fontes da mudança técnica, este presente capítulo busca tratar sobre como a teoria da Mudança Técnica Induzida enxerga o processo de desenvolvimento e origem da tecnologia agrícola.

3.1 Inovação vindo de fora do setor agrícola

Por ser um setor dominado por fornecedores, a agricultura recebe e adota tecnologia gerada por outros setores. No setor industrial, as principais forças que explicam o surgimento de uma inovação se dividem em forças de demanda(*Demand-pull*) e forças de ciência(*Technology-push*). A abordagem pela ciência parte do princípio de que a inovação vem da descoberta autônoma do cientista, descoberta esta que se transforma posteriormente em produto comerciável e empurra a inovação.

Schmookler(1962) sugere que a atividade inventiva é algo intimamente dependente de fenômenos econômicos. Ao analisar séries de produção de mercadorias junto com a respectiva quantidade de patentes relacionada a cada mercadoria, o autor encontrou uma relação entre a variação conjunta das duas séries, geralmente com os picos de produção precedendo os aumentos na quantidade de patentes. Tal padrão pode ser identificado em diversas indústrias, tal como a indústria ferroviária, de ferraduras, de petróleo e de materiais de construção.

Em vista disso, a conclusão de Schmookler(1962) foi de que o declínio na taxa de crescimento da indústria em questão induziria o declínio da invenção naquele setor e, conseqüentemente, do progresso técnico. Dessa forma, não é o limitante da

possibilidade de melhorias que faz a inovação cair, mas sim a taxa de crescimento da própria indústria, isto é, a produção e a sua respectiva atividade inventiva relacionada estariam variando conjuntamente, com a invenção tendendo a atrasar-se a produção.

O autor nota que a variação na atividade inventiva não pode explicar a variação no produto, já ela tende a atrasar-se em relação a produção do bem relacionado. O que é sugerido é que ao se ter um grande nível de produção, tem-se também um grande nível de vendas, o que faz com que os inventores criem expectativa de obtenção de grandes recompensas de lucro caso seja realizada uma inovação que melhore o equipamento existente, isso incentivaria um aumento na atividade inventiva e em um aumento no investimento para essa atividade.

Outros fatores seriam o número potencial de inventores empregados, a maior disponibilidade de crédito para o setor em períodos com altos níveis de vendas, o que facilita a atividade inventiva, e a insatisfação de usuários com determinados produtos, o que levaria a melhorias naturais. Todas essas variáveis são relacionadas a quantidade de vendas de determinado produto, o que torna a atividade inventiva intimamente dependente de um fenômeno econômico.

Schmookler & Brownlee(1962) apresentam a hipótese de que a distribuição industrial da atividade inventiva relacionada a bens de capital tem como principal determinante o tamanho das indústrias envolvidas. Maior a indústria, maior a atividade inventiva, quantificada na forma de patentes. Outros determinantes como o estado atual do conhecimento e a estrutura de mercado também seriam relevantes, mas estariam em segundo plano com relação ao tamanho do setor.

Griliches & Schmookler(1963) endossam essa hipótese argumentando que ela estaria de acordo com o comportamento maximizador dos agentes inventores da economia, uma vez que quanto maior o tamanho da indústria, maior seria seu valor adicionado e maior sua demanda por bens de capital. Com uma demanda maior, maior seria a receita esperada por novas invenções relacionadas a bens de capital, o que induziria uma maior quantidade de inventores para o setor em questão.

Dessa forma, considerando a variação e o atraso da invenção em relação a produção, o comportamento maximizador dos inventores e a relação de distribuição de

invenções por tamanho da indústria, surge a possibilidade de interpretação de que a atividade inventiva como um todo poderia ser interpretada como uma variável endógena, sendo seu principal determinante algo relacionado a demanda da economia. Isto é, a demanda puxaria a inovação.

Freeman e Soerte(2008) contribuem dizendo que a inovação industrial é essencialmente um resultado da interação entre o lado da oferta, que é representado pela ciência, com a demanda de mercado. Para os autores, o surgimento de uma inovação, seja qual for, é o resultado de uma interação entre uma necessidade de mercado com a montagem de um projeto baseado no que o conhecimento científico do período oferece. Além disso, inovações que surgem focadas em apenas um único lado, seja demanda ou ciência, teriam menos probabilidade de sucesso no mercado.

3.2 A Natureza da Informação e da Pesquisa Agrícola

Arrow(1962) argumenta que a produção de novos conhecimentos sofre com as características de ser um processo que envolve riscos e incertezas, além de apresentar a dificuldade de apropriação do produto final, visto que, além de ser um produto intangível e indivisível, o conhecimento depois de produzido tem seu custo marginal de replicação muito baixo. Dessa maneira, dado um ambiente com incerteza e dificuldade de apropriação, o investimento das firmas em produção de conhecimento ficaria abaixo do socialmente ótimo.

Das possibilidades de instrumentos criados para minimizar o risco e a incerteza, como os seguros, Arrow argumenta de que não existiria ainda no sistema econômico um instrumento capaz de reduzir completamente o risco de falha do investimento e não criar a possibilidade da ocorrência de um risco moral que reduza os incentivos para o sucesso. Já nas tentativas de instrumentos que melhorem a apropriação, ocorreria o efeito adverso da redução do alcance ideal do conhecimento, o que reduziria a quantidade de potenciais utilizadores levando a um resultado ineficiente. Uma das soluções propostas para esse problema de subinvestimento e alocação seria a existência de pesquisa realizada por instituições que não visam lucros ou analisam riscos.

Binswanger(1978) ao analisar o estudo de Arrow conclui que o arranjo ideal para

o problema de subinvestimento seria a total separação entre a remuneração do produtor da informação com a cobrança de taxa sobre o usuário final desta informação. Ao verificar se uma economia de mercado levaria a uma distribuição ótima de recursos para pesquisa e desenvolvimento, Binswanger deduz que ocorre um típico problema de carona neste mercado, visto que o resultado de P&D é uma informação intangível na forma de projetos e fórmulas químicas que apresenta elevados custos de produção e baixo valor de difusão, dessa forma, existe um incentivo generalizado entre os agentes para que se aguarde a realização da produção pelos outros para depois aproveitar seus benefícios sem precisar arcar com seus custos de produção.

Hayami e Ruttan(1988) destacam que um aspecto da pesquisa agrícola, em particular a pesquisa biológica, é que muitos dos produtos resultantes dessa pesquisa caracterizam-se pela não-exclusividade, isto é, não se consegue impedir totalmente que pessoas que não paguem pelo produto utilizem esse produto. Dessa forma, proteção por patentes não se mostra tão eficaz para esse tipo de pesquisa, ao contrário da pesquisa focada em desenvolvimento de inovações mecânicas, que é possível uma melhor apropriação através de patentes.

Nelson(1959) apud Hayami e Ruttan(1988) indica que a função de produção de pesquisa possui uma natureza estocástica, caracterizada por riscos e incertezas fortes no caso da pesquisa básica. Assim, o mercado teria dificuldades em alocar de maneira ótima recursos para pesquisa ao longo do tempo. Dessa maneira, para Hayami e Ruttan, devido as características de não-exclusividade e da não-rivalidade presentes nas novas informações e conhecimentos provenientes da pesquisa agrícola, assim como essa natureza estocástica da função de produção de pesquisa, o apoio público a pesquisa agrícola se torna socialmente desejável.

Além disso, como o agricultor individualmente é um agente muito pequeno para produzir e apropriar totalmente o novo conhecimento que resultará em inovação para a agricultura, a produção de conhecimento para inovação na agricultura, historicamente, afirmam Hayami e Ruttan(1988) se organiza principalmente em instituições de pesquisa pública, firmas fornecedoras de insumos agrícolas e em organizações cooperativas de agricultores.

3.3 Inovação Induzida

Segundo Hayami e Ruttan(1988), a teoria de inovação induzida é uma tentativa de tratar o processo da mudança técnica como endógena ao sistema econômico. Desse ponto de vista, uma forma de se interpretar a mudança induzida é entendendo a mudança técnica como sendo uma resposta às mudanças da disponibilidade dos fatores e ao crescimento da demanda.

Segundo esses autores, a tradição da mudança técnica induzida segue duas influências principais: a influência de Hicks, que defende que a mudança relativa dos preços induz a criação de inovações poupadoras do fator relativamente mais caro; e a influência de Griliches e Schmookler, que defendem que a demanda influencia diretamente na velocidade de surgimento de inovações, isto é, quanto maior a demanda, maior será a velocidade das inovações para atender esse campo específico.

Embora os autores categorizem estas duas tradições separadamente, eles também reconhecem que uma está intimamente relacionada com a outra no processo dinâmico da inovação. No raciocínio dos autores, supondo que a demanda por um produto aumente, a demanda pelos seus insumos de produção também aumentará para atender a nova solicitação. Como a elasticidade da oferta é diferente para os diversos fatores usados na confecção do produto, a resposta da oferta será diferente para os diversos fatores usados na produção do produto, o que vai gerar uma mudança nos preços relativos desses fatores.

Com essa nova relação de preços, inovações que se mostrem lucrativas aos produtores e que poupe o fator mais caro serão mais demandadas e mais lucrativas para o inovador, o que vai gerar um maior esforço de pesquisa para o surgimento de novas inovações nesse campo. Dessa forma, as mudanças nos preços relativos vão criar um viés de desenvolvimento de novas técnicas que visam poupar o fator mais caro, e a velocidade de inovação estará ligada diretamente a demanda por essas novas inovações. Assim, a mudança técnica é vista como uma resposta ao crescimento da demanda e da mudança na relação dos preços dos recursos.

Para se ter uma inovação é necessário que algum esforço de pesquisa seja direcionado ao desenvolvimento dessa inovação. Na teoria da inovação induzida, esse

esforço será induzido pela mudança nos preços relativos. Salter(1960) realiza uma crítica a ideia de que um aumento relativo no preço de um fator de produção induziria um maior esforço de pesquisa voltado ao desenvolvimento de técnicas que poupem esse fator.

Segundo Salter(1960), quando o empresário se depara com o aumento de custos, ele não está interessado em reduzir custos específicos de trabalho ou capital, mas sim o seu custo total. Portanto, a sugestão da teoria de inovação induzida de que preços mais caros de fatores induzem estímulos de pesquisa e desenvolvimento de técnicas que busquem poupar esse fator mais dispendioso não é tão razoável, uma vez que o empresário estaria indiferente a qual fator será poupado, desde que esse reduzisse seu custo total.

Em vista disso, a única forma de uma trajetória de pesquisa prevalecer sobre outra, quando o preço de um fator for relativamente maior que o outro, é se o desenvolvimento de pesquisa visando poupar o fator mais caro possuir uma característica inata que dê preferência sobre a outra trajetória de pesquisa, como, por exemplo, se os conhecimentos poupadores desse fator mais caro forem mais fáceis de se obter do que os que poupem o outro. Para Salter(1960), no caso de um aumento no custo total originado pelo aumento relativo de um fator sobre o outro, qualquer avanço que reduza esse custo total será bem aceita pelo empresário, independentemente do fator que será poupado.

Binswanger(1978) responde essa crítica apresentando um modelo que busca explicar como uma firma escolhe qual inovação dar prosseguimento. Binswanger propõe que, ao iniciar o processo de inovação, a firma precisa escolher entre diversas atividades de pesquisa, cada qual afetando de diversas maneiras a característica da intensidade dos fatores no processo de produção. Dessa forma, esse processo se assemelharia a um modelo de escolha de portfólio de projetos de pesquisa, e dessas pesquisas surgiriam as mudanças técnicas adotadas.

Assumindo que existam dois projetos distintos que custem a mesma quantidade de recursos para serem desenvolvidos e que reduzam a mesma quantidade de fatores de produção. Sendo Projeto A reduzindo a necessidade de utilização de capital na produção e o outro, Projeto B, reduzindo trabalho na mesma proporção que o projeto

A reduz capital, a firma escolheria dar prosseguimento ao projeto que apresentasse maior benefício para ela. Definindo benefício como o produto do preço do fator pela quantidade reduzida proporcionada pela inovação, a inovação com maior benefício seria aquela que reduzisse o fator que apresentasse o preço mais alto, isto é, o maior benefício estaria em dar prosseguimento a pesquisa do projeto que visa reduzir o uso do fator mais caro.

A figura 2 ilustra como funcionaria o processo de escolha destacando o papel que os preços dos fatores possuiriam na escolha da inovação. O ponto P representa a combinação de capital e trabalho para uma dada tecnologia inicial, a reta XX representa os preços dos fatores na situação onde o capital é mais caro do que o trabalho, a reta ZZ representa um trabalho caro em relação ao capital e YY representa um regime de preço intermediário de fatores.

Considerando que no momento inicial a firma possa escolher se movimentar para qualquer uma das direções representadas pelas setas, esse conjunto de direções representa o conjunto de possibilidade de inovação para a firma, ou seja, o conjunto de projetos que ela deverá escolher. O comprimento da seta representa a distância que a relação de capital e trabalho irá se alterar. Dessa forma, a seta m representa um esforço de poupar capital em relação ao trabalho, isto é, seria um projeto de uma tecnologia *labor-using*; a tecnologia n , ao contrário, é uma técnica que visa poupar trabalho em relação ao capital, dessa forma, *labor-saving*. As demais técnicas, q e s , poupariam, respectivamente, capital e trabalho em uma menor proporção.

Supondo que por algum motivo a firma possua orçamento para realização de um único projeto, se o trabalho for relativamente mais barato que o capital, situação XX, o projeto que ofereceria maior benefício para a firma seria o de uma tecnologia *labor-using*, representados por m e q . Em uma situação onde os custos de salários caem além da relação XX, ou seja, o trabalho fica muito mais barato em relação ao capital, o projeto que apresenta uma maior redução de custos seria o projeto m , que tem um maior uso de trabalho e um menor uso de capital.

Caso a situação esteja na relação intermediária YY, uma mudança técnica extrema de *labor-using* deixa de ser tão atrativa, uma vez que o trabalho não é mais tão barato em relação ao capital. Uma solução que visa poupar ambos os recursos, como

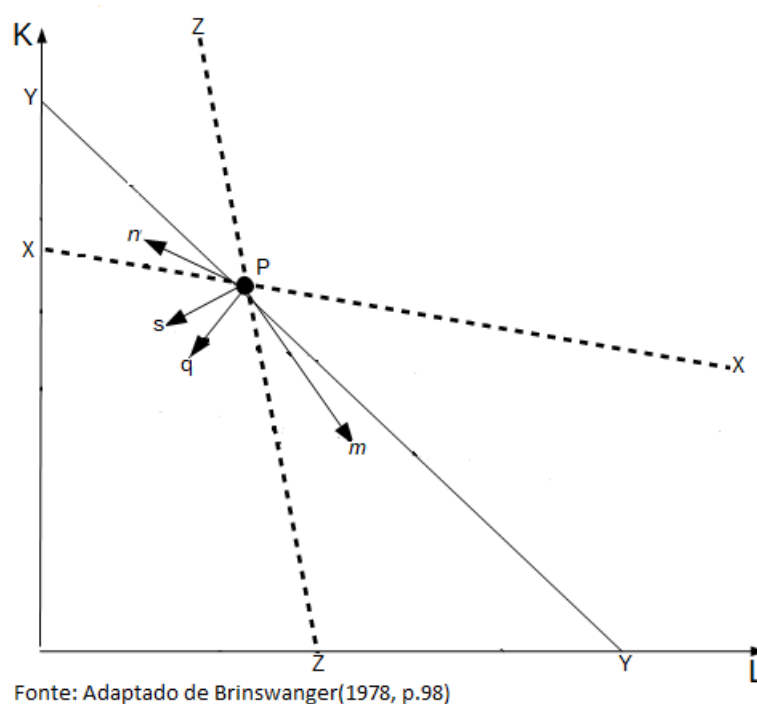


Figura 2: Viés de inovação induzida por preços relativos.

os projetos q e s , passa a ser mais atrativa na redução de custos. Em situação onde o trabalho é caro em relação ao capital, como na reta ZZ , as tecnologias que poupam mais trabalho, n e s , passam a ser as mais atrativas. Caso o preço do trabalho suba além de ZZ , o projeto n , que apresenta uma redução extrema de trabalho, passa a ser o mais benéfico, já que produz uma maior redução de custos.

Dessa forma, Binswanger apresenta que a escolha dos projetos que vão fundamentar a criação das novas técnicas de produção são influenciadas pelos preços relativos, de maneira que a mudança e a posição dos preços relativos induz o progresso técnico na direção de poupar o fator mais caro.

3.4 Inovação Induzida para a Agricultura, segundo Hayami e Ruttan(1988)

Hayami e Ruttan(1988) discutem a mudança técnica na agricultura a partir da premissa da inovação induzida. Para tratar da agricultura em específico, Hayami e Ruttan(1988) simplificam as tecnologias empregadas nos processos agrícolas em dois tipos: tecnologias mecânicas e tecnologias biológicas e químicas. As tecnologias

mecânicas partem do pressuposto de serem tecnologias economizadoras de mão de obra, que facilitam a substituição de trabalho por outro insumo. As tecnologias biológicas e químicas são ditas como economizadoras de terra e facilitam a substituição de terra por outro insumo.

Para as tecnologias economizadoras de trabalho supõe-se que a principal forma de economizar mão de obra é através do emprego de alguma técnica que proporcione o aumento da capacidade de área de cultivo de um trabalhador utilizando a mesma quantidade de trabalho. Dessa forma, ao utilizar a técnica, um trabalhador consegue cultivar a mesma área anterior com um menor trabalho. Com o auxílio de novos equipamentos que permitam a substituição de trabalho manual por alguma força animal ou mecânica, a quantidade de uso de trabalho manual por trabalhador é reduzida enquanto a quantidade de energia sobre o domínio do trabalhador aumenta, o que gera uma possibilidade para o aumento na área de cultivo.

Isto é, enquanto opera uma máquina, um trabalhador tem um maior poder de cultivo utilizando uma menor quantidade de trabalho. Dessa maneira, tecnologias economizadoras de mão de obra, como máquinas, facilitam a substituição de mão de obra por terra e energia, enquanto terra e energia são vistas como complementares, uma vez que para maiores quantidades de terra são necessários maiores quantidades de energia.

Da tecnologia biológica e química, os autores defendem que elas se originam do desejo de reciclar a fertilidade do solo e do aumento do produto por área cultivada. Com uma área menor possuindo uma maior capacidade de ofertar produto, essas técnicas são vistas como facilitadoras na substituição de terra por mão de obra, uma vez que essa busca pelo combate contra o desgaste do solo se baseia em sistemas intensivos em mão de obra e no uso de insumos artificiais de nutrientes vegetais, nos quais a produção é intensiva em mão de obra.

Como em geral tecnologias biológicas e químicas, como os fertilizantes, demandam um maior controle de água e no manejo da terra, os autores estabelecem uma relação complementar entre essas técnicas e a infraestrutura utilizada na terra na qual se produz, por exemplo, para uma maior quantidade de fertilizante, uma maior infraestrutura com sistema de irrigação e drenagem é necessária.

Tendo estabelecido estas duas categorias de tecnologias agrícolas, Hayami e Ruttan(1988) apresentam um modelo de inovação induzida em instituições de pesquisa pública. Para os autores, dado a elasticidade da oferta dos fatores de produção, existem duas trajetórias possíveis para o desenvolvimento da agricultura, sendo que a capacidade de aumentar a produção e a produtividade agrícola vai depender da escolha por uma dessas duas trajetórias.

Supondo que a sociedade enfrente uma crescente demanda por produtos agrícolas, caso a oferta de terra seja inelástica, o melhor caminho para o desenvolvimento da agricultura é através dos esforços concentrados na criação de tecnologias economizadoras de terra, isto é, em tecnologia biológica e química. De forma contrária, caso a sociedade apresente uma oferta inelástica na quantidade de mão de obra existente, o caminho por uma trajetória de desenvolvimento de tecnologias mecânicas seria o mais indicado.

Para Hayami e Ruttan(1988), o mecanismo pelo qual a sociedade escolhe uma das duas trajetórias é feito através da interação entre produtores, firmas de insumos agrícolas e instituições de pesquisa agrícola. Como os autores notam que, historicamente, os países que possuíram grandes saltos de produtividade na agricultura o fizeram através de uma grande influência de instituições de pesquisa pública, eles consideram a interação dessas estações de pesquisa com as firmas fornecedoras de insumos e com os agricultores algo fundamental para o desenvolvimento da agricultura.

Dessa interação surgirá a mudança técnica e ela seguirá a trajetória apontada pela mudança na relação dos preços do trabalho e da terra, uma vez que, das trajetórias possíveis, as tecnologias mecânicas auxiliam na substituição de trabalho por terra, e as tecnologias biológicas e químicas facilitam a substituição de terra por trabalho, tornando terra e trabalho os insumos principais da produção agrícola.

Dados os problemas de apropriabilidade da pesquisa básica e aplicada, as instituições de pesquisa pública se encontram como fontes importantes para a mudança técnica na agricultura. A hipótese principal do modelo dos autores é que a mudança técnica vai seguir uma trajetória socialmente ótima se os preços dos fatores refletirem eficientemente os equilíbrios de oferta e demanda do mercado do fator específico,

além de que exista uma interação efetiva entre os produtores e as firmas de insumos agrícolas com as instituições de pesquisa.

Como os autores destacam, esse modelo não é apenas uma tentativa de aplicar a inovação induzida na agricultura, com o mecanismo da indução da inovação surgindo exclusivamente de uma resposta das firmas maximizadoras de lucro a uma mudança nos preços, mas tenta também acrescentar como parte importante para o funcionamento desse mecanismo a resposta dos pesquisadores e dos administradores das instituições de pesquisa as dotações dos recursos. Dessa maneira, o mecanismo da dinâmica do modelo vem tanto de uma resposta aos preços como de uma resposta dos pesquisadores.

Da parte da resposta aos preços, o produtor agrícola tem papel central, pois é ele quem vai ter a percepção primeira da mudança relativa entre os fatores e buscará soluções nas firmas fornecedoras de insumos e nas estações de pesquisa para substituir o fator mais escasso pelo mais abundante. Vale destacar que a substituição da técnica nova pela antiga só vai ocorrer caso ela se mostre mais lucrativa em comparação com a anterior. Ou seja, a mudança técnica só vai ocorrer se a inovação se mostrar lucrativa para o produtor.

A resposta dos pesquisadores e dos administradores das instituições públicas representa uma parte importante no processo de dinâmica do modelo, pois são eles que direcionarão os esforços de pesquisa e apresentarão soluções para atender a demanda do produtor. Por isso, para se ter uma trajetória ótima, os preços dos fatores devem refletir eficientemente os equilíbrios de oferta e demanda dos fatores, e a comunicação entre os agricultores e as instituições de pesquisa deve ocorrer de maneira com que os responsáveis pela pesquisa conheçam quais são os principais problemas enfrentados pelos agricultores.

Refinando o processo dessa dinâmica de resposta, os autores notam que o pesquisador não precisa saber necessariamente dos equilíbrios de preços que o agricultor vai se deparar. Caso exista na instituição de pesquisa um sistema bem-ordenado de incentivos corretos, ainda sim inovações que solucionem problemas relevantes enfrentados pelos agricultores podem surgir e conduzir a agricultura para uma trajetória ótima. Partindo da suposição de que os problemas enfrentados reflitam parte das

mudanças dos preços dos fatores, caso exista incentivo para a solução de problemas relevantes da sociedade, a pesquisa vai ser direcionada a resolver estes problemas.

Como a pesquisa aplicada precisa da pesquisa básica, a interação entre esses dois tipos de pesquisa vai enviesar a pesquisa básica para oferecer soluções para a pesquisa aplicada. Dessa forma, a alocação do orçamento ainda vai se direcionar para encontrar soluções que poupem o fator mais caro e o substitua pelo mais barato, uma vez que os preços influenciam na criação do problema e contribuem para as limitações na produção.

Ainda que existam bons incentivos para a solução dos problemas relevantes, o pesquisador e o administrador da instituição vão precisar saber quais são esses problemas para apresentarem soluções, o que pode ser facilitado caso exista uma boa comunicação entre os produtores e a instituição. Como foi exposto anteriormente, da interação entre a demanda e a ciência surge uma maior probabilidade de inovações bem sucedidas. Essa comunicação, notam os autores, será tanto mais efetiva se os produtores possuírem capacidade de organização em grupos que indiquem claramente quais são suas demandas e também na descentralização das estações de pesquisa, o que aumenta a capacidade de orientar e atender a demanda do cliente da região.

O processo da mudança de uma técnica já estabelecida para a outra é feita de maneira gradual, com uma sequência cumulativa de inovações incrementais em uma técnica maior até se alcançar uma nova técnica "estável", em estágio final. Nesse processo de mudança, em primeiro momento, surge um estrangulamento na produção que chama a atenção de todos os agentes envolvidos no processo de inovação, isto é, as firmas privadas fornecedoras de insumos, os produtores, os pesquisadores e administradores de estações de pesquisa notam qual o principal fator que está causando limitação para a produção e buscam uma alocação mais eficiente dos recursos. Após o esforço de pesquisa ser focado na resolução deste problema, surge uma nova técnica que resolve o antigo estrangulamento.

Porém, dessa nova técnica pioneira surgem novos estrangulamentos que induzem incrementos de inovação destinados a aperfeiçoar a alocação do uso dos recursos que esta nova técnica impõe, isso é feito através de uma cadeia de sucessivas

inovações incrementais até que exista um novo "paradigma tecnológico" que seja referência para a produção e que poupe o antigo fator limitante.

O modelo de inovação técnica induzida na agricultura pode ser exemplificado na ilustração da figura 3, que é uma adaptação do modelo de Hayami e Ruttan feita por Vieira Filho e Fishlow(2017). Do lado esquerdo pode se ver a categoria das tecnologias mecânicas, enquanto o lado direito representa o processo para a tecnologia biológica e química. As curvas IPC_0 e IPC_1 representam as curvas de possibilidades de inovação dos períodos inicial, em 0, e final, em 1.

Uma curva de possibilidade de inovação pode ser entendida como o conjunto de todas as técnicas que podem ser potencialmente desenvolvidas para atender algum objetivo específico, dado o estado atual dos conhecimentos científicos. Isto é, cada ponto da curva representa uma técnica diferente. As curvas I_1 e I_2 são as isoquantas que indicam as diferentes combinações de fatores que deixam a produção constante ao se utilizar a técnica, isto é, pode-se produzir dada quantidade de produto com a técnica em questão combinando-se estas diferentes quantidades de insumos.

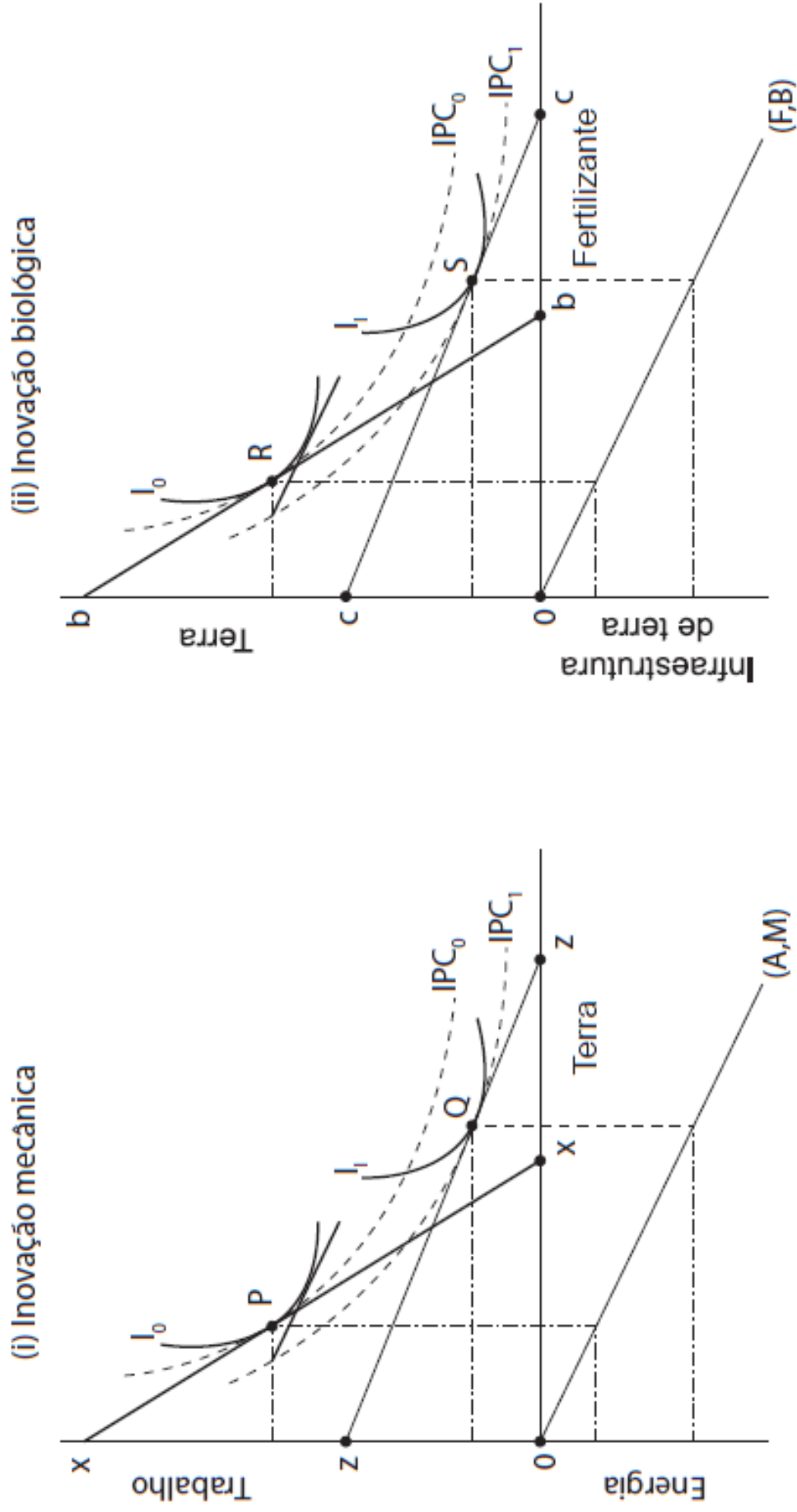
Para as inovações mecânicas, o eixo vertical é dividido em quantidade de trabalho na parte positiva e quantidade de energia na parte negativa; o eixo horizontal é a quantidade necessária de terra; a reta (A,M) indica a característica complementar de terra e energia para tecnologias mecânicas, e o ponto P indica o ponto de equilíbrio de custo mínimo para se operar dado a combinação ótima de fatores de mão de obra, terra e energia, sendo XX a reta indicando a relação de preços do período.

Seguindo o exemplo dos autores e supondo que, devido ao processo de industrialização de um país, a mão de obra esteja se deslocando para a indústria e gerando relativa escassez em relação a terra, e que, dado ao progresso da indústria e da ciência, uma nova forma de ofertar energia mais barata diminua o preço da energia em relação ao preço da terra e dos salários, a nova relação de preços entre trabalho e terra, no período 1, é indicada em ZZ. Ao se depararem com o aumento do preço da mão de obra gerado pela relativa escassez, os produtores vão pressionar as estações de pesquisa para que se originem soluções que poupem esse fator mais caro. Dessa forma, o esforço de pesquisa desloca a curva de possibilidade de inovação para IPC_1 e induz o surgimento de uma nova técnica em I_1 . O ponto Q indica a nova combinação

ótima de fatores utilizando-se menos trabalho, mais terra e mais energia.

A análise é análoga para o caso das inovações biológicas, o ponto inicial é encontrado em R, que indica a relação ótima entre a quantidade de terra e fertilizantes. Após um encarecimento no custo relativo da terra, um novo equilíbrio é encontrado em S, na qual I_1 representa uma nova espécie de variedade que é mais favorável ao maior uso de fertilizantes e uma menor quantidade de terra. Como em geral essas tecnologias demandam um maior domínio sobre a estrutura da terra na forma de drenagem e sistema de irrigação, a mudança nos preços induz uma nova tecnologia que use uma nova combinação que opere com um menor uso de terra, um maior uso de fertilizantes e um maior domínio sobre a infraestrutura da terra.

Mudança técnica induzida na agricultura



Fonte: Hayami e Ruttan (1985, p.91).

Figura 3: Mudança técnica induzida na agricultura.
 Retirado de Vieira Filho e Fishlow(2017, p. 45)

3.4.1 Inovação Institucional Induzida

Conforme anteriormente exposto, a pesquisa pública, para Hayami e Ruttan(1988), é uma das principais fontes para o crescimento e desenvolvimento tecnológico da agricultura. Devido as características de não-rivalidade e não-exclusividade da informação, o setor de pesquisa privado vai concentrar sua alocação em inovações que apresentem uma maior apropriabilidade, como as inovações mecânicas. Dessa forma, para compensar essa distorção de alocação e evitar que as outras áreas da inovação sejam negligenciadas, instituições de pesquisa pública destinadas principalmente a pesquisas no campo biológico e químico podem ser consideradas importantes para o desenvolvimento agrícola.

À vista disso, os autores buscam construir uma teoria para explicar quais são as principais fontes do surgimento e da mudança institucional.

De primeiro momento, os autores definem instituições como "regras de uma sociedade ou de organizações que facilitam a coordenação entre as pessoas, ajudando a formar expectativas sobre o comportamento das pessoas em relação as outras"(pág. 108). No ambiente econômico, as instituições possuem o papel de influenciar na formação de expectativas sobre os direitos de utilização dos recursos e dos fluxos de renda resultantes desse uso.

Existem diversos tipos de instituições, desde as mais básicas, como os direitos de propriedade e os mercados, até as mais complexas, como as instituições internacionais. Os autores consideram que o processo de mudança das instituições mais básicas segue um caminho de sucessivos acúmulos de modificações secundárias ou marginais, como mudanças nas relações contratuais ao longo do tempo ou nas fronteiras de alcance de um mercado.

Sobre as fontes da demanda de mudança institucional, os autores reconhecem que seguem uma visão semelhante a visão da teoria de mudança institucional tradicional marxista, porém negam que a mudança técnica é a principal fonte de mudança institucional. Para eles, as principais fontes são a mudança técnica, a mudança na disponibilidade dos fatores e a mudança na demanda de produtos, sendo que a modificação institucional não está restrita apenas as grandes mudanças dramáticas ou

revolucionárias, mas também as pequenas.

Para as mudanças institucionais mais simples, os desajustes nas remunerações marginais dos fatores causadas pela disponibilidade de fatores, o aumento na demanda de produtos e a adoção de uma nova técnica na produção influenciam diretamente na formação de novas formas contratuais que não necessariamente envolvam ou respeitem a lei existente. Se um determinado setor sofre com desequilíbrios nas remunerações dos fatores, sendo, por exemplo, um descompasso entre salário e produtividade marginal do trabalho, um esforço dos agentes desse setor será feito para ajustar a produção de forma que a alocação se torne mais eficiente. Caso as oportunidades de lucro resultantes das novas relações contratuais originadas do ajuste sejam maiores que as antigas formas de relação que respeitavam a lei, um acordo informal entre os agentes será feito à margem da lei, isto é, fora da instituição existente.

Ao ver os desequilíbrios que as fontes de mudança institucional podem causar, os agentes demandam e buscam mudanças e aperfeiçoamentos nos direitos de propriedades e nos arranjos contratuais buscando uma melhor alocação de recursos através do mercado. Dessa forma, surgem novas instituições, como novas formas de trabalho ou novos códigos de produção.

Para as grandes inovações institucionais, como as instituições de pesquisa pública, normalmente são necessárias a mobilização de recursos por agentes políticos para a sua formação e implementação. Para os autores, essa oferta institucional depende grandemente de se conseguir um consenso social para a implementação da instituição. Este consenso possui um custo que depende da estrutura de poder dos grupos de interesse, da tradição cultural da sociedade e da ideologia dominante da época.

As características culturais, como religião e tradição, podem facilitar ou dificultar mudanças institucionais em uma sociedade, isto é, influenciam diretamente no seu custo de implementação. Países que possuem uma tradição de maior zelo e cooperação na manutenção e cuidado da infraestrutura comunitária podem possuir um menor custo de implementação de instituições voltadas ao uso de recursos comuns, por exemplo. De maneira semelhante, um grande anseio populacional por mudanças vindas de uma nova ideologia pode reduzir o custo da formação de consenso para os

agentes políticos e facilitar a oferta institucional.

A hipótese principal que os autores propõem para a oferta de inovações institucionais é a de que essas inovações serão ofertadas se o benefício ou retorno esperado adquirido pelo agente político for maior do que o custo marginal de mobilizar os recursos necessários para a implementação. Quanto mais difícil for para se conseguir lidar com os diversos interesses e chegar a um consenso para a alocação de recursos para a instituição, maior será o custo e menor será a oferta de inovações institucionais.

Na medida em que a oferta dependa do benefício privado do agente político, seja por meio de reconhecimento individual público ou maior prestígio ao seu grupo político, ela vai depender da estrutura de poder existente e das relações dos grupos de interesses da sociedade. Além disso, uma vez que o retorno privado não é necessariamente igual ao retorno social que a inovação pode causar a sociedade, esta oferta também se torna subótima socialmente.

Dessa maneira, os benefícios dos grupos políticos dominantes vão ser determinantes para a oferta dos tipos de inovação institucionais que surgirão. Inovações socialmente indesejáveis podem surgir caso o retorno para os grupos dominantes se apresentar maior que os ganhos da sociedade, e o seu custo de implementação for relativamente baixo devido a baixa oposição. Políticas originadas por influência de lobbies, como racionamento, controle de preços, concessão de licenças ou fixação de cotas podem beneficiar grupos de interesses restritos, mas acarretar em alguns custos sociais devido a redução da eficiência de alocação do mercado, o que vai contra o que os agentes em geral demandam ao encontrarem os desajustes.

Segundo os autores, esse conflito entre inovações socialmente desejáveis e indesejáveis pode ser amenizado com o avanço das ciências sociais que ajudem no esclarecimento de quais tipos de instituições podem oferecer uma maior bem-estar para a sociedade. Uma maior disseminação desses esclarecimentos na sociedade também contribuem para uma maior redução dos custos das inovações socialmente desejáveis e um aumento nos custos das inovações socialmente indesejáveis.

Uma outra forma de guiar a mudança institucional para um caminho ótimo é através da maior representatividade de organizações que consigam abranger uma alta

representação de diversos interesses. Segundo Olson(1982), apud Hayami e Ruttan(1988), organizações que abrangem uma alta representação possuem maiores incentivos próprios para buscar o crescimento e tentar dividir a renda alcançada entre seus membros. Como notam os autores, uma maior probabilidade de realização de pressão para políticas orientadas para o crescimento do setor como um todo no produto nacional é encontrada em coalizões que abrangem a maioria dos produtores do que em organizações menores que representam poucos produtores. Organizações pequenas com interesses restritos a poucos indivíduos possuem uma maior probabilidade de defender os interesses de seus membros às custas do bem-estar dos demais agentes.

3.4.2 Um Modelo Geral de Inovação Induzida

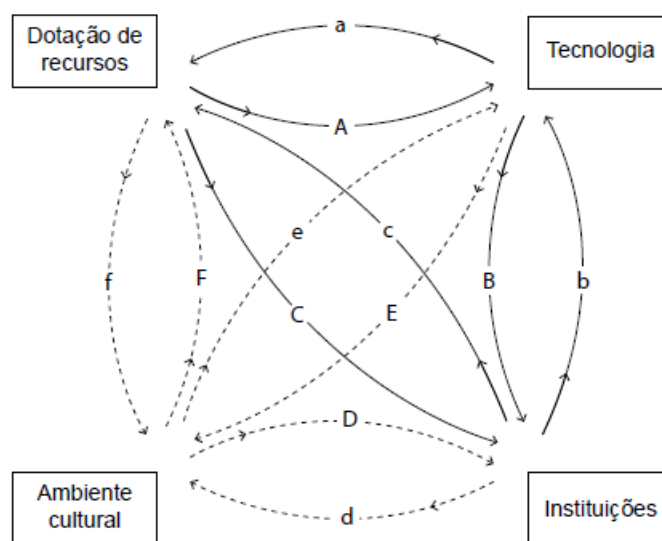
Hayami e Ruttan(1988) propõem um outro modelo além do de mudança técnica induzida na agricultura. Neste modelo, eles buscam integrar a relação dos processos de mudança técnica e institucional induzida com o objetivo de destacar como um desequilíbrio em uma variável pode impactar em mudanças na outra.

Como pode ser visto na figura 4, que é uma adaptação do modelo de Hayami e Ruttan feita por Vieira Filho e Fishlow(2017), existe uma inter-relação entre fatores culturais, tecnológicos, institucionais e de recursos.

Vieira Filho e Fishlow(2017) contextualizam esse modelo ao caso brasileiro citando o processo de modernização agrícola ocorrido na década de 1970. Segundo os autores, naquela época existia um caso grave de desabastecimento que afetava diretamente o uso da dotação de recursos. Como resposta a esse desajuste, foi criada a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária(Embrapa), que implicou na criação e no desenvolvimento de novas técnicas de correção do solo que permitiram a expansão da área cultivável, principalmente no Cerrado brasileiro. Com o elevado preço da terra na região Sul do país, ocorreu um deslocamento de vários produtores sulistas para a nova região cultivável no Centro-Oeste, o que provocou uma modificação no ambiente cultural do local, afetando a cultura e as instituições presentes na região.

Em termos do modelo, primeiro ocorreu um desequilíbrio na dotação de recursos, que induz através da linha C o desenvolvimento da Embrapa. Com a Embrapa ocorre

Inter-relações da dotação de recursos, do ambiente cultural, da tecnologia e das instituições



Fonte: Hayami e Ruttan (1985, p.111).

Figura 4: Modelo Geral de Inovação Induzida.
Retirado de Vieira Filho e Fishlow(2017, p. 58.)

uma indução ao desenvolvimento de novas técnicas de correção de solo através da linha b. Com a nova técnica ocorre uma expansão da área agricultável manifesta na linha a, e com a migração da população devido a nova tecnologia, ocorre uma indução de mudança no ambiente cultural e nas instituições da região através das linha f e D.

3.5 O Viés de Inovação Induzida Institucionalmente, segundo De Janvry(1973)

De Janvry(1973) desenvolve o modelo anterior de inovação induzida para a agricultura acrescentando uma dinâmica de transição que visa explicar a causa do subdesenvolvimento agrícola através da ótica da geração de novas técnicas.

Para tanto, De Janvry(1973) define duas demandas distintas de tecnologia: a demanda latente, que é a demanda de equilíbrio posterior do modelo de Hayami e Ruttan(1988), que leva o desenvolvimento agrícola a um ótimo social do uso dos recursos, e a demanda real, que é a demanda que as instituições de pesquisa de fato observam quando os produtores entendem que ocorreu uma mudança nos preços

relativos e decidem por pressionar as instituições em questão.

A dinâmica que o modelo propõe é a de mostrar como a demanda real desencadeará uma sucessão de geração de novas técnicas até que se atinja um equilíbrio socialmente ótimo, consolidado pela demanda latente.

O subdesenvolvimento estudado pelo autor vai se mostrar quando existir um atraso na geração da técnica que é demandada latentemente, isto é, a demanda real por algum motivo não caminhou para o equilíbrio socialmente ótimo.

3.5.1 Categorias de Inovação Agrícola

Com o objetivo de especificar a demanda por inovação, De Janvry(1973) categoriza a inovação agrícola em quatro tipos, cada uma com suas particularidades e impacto nas taxas marginais de substituição técnica entre capital, trabalho, terra, nível de produção e gestão especializada.

A primeira categoria é a da inovação mecânica, que se constrói no exemplo de tratores, colheitadeiras e moinhos de vento. Sua característica é a de geralmente aumentar a produtividade do trabalho através do aumento da terra por trabalhador. Pela redução dos custo de mão de obra, a necessidade de gestão não-especializada diminui enquanto a necessidade de uma gestão especializada aumenta, uma vez que a firma se torna mais capital intensiva.

A segunda categoria é a de inovações biológicas, como as sementes híbridas e raças de gado. Geralmente essas inovações não demandam um grande uso de capital, dessa forma são neutras em trabalho e gestão. A sua capacidade de aumento no rendimento da produção é influenciada diretamente pela existência ou não de pacotes de tecnologia apropriados para seu uso, apresentando um rendimento moderado quando usada fora de um pacote de técnicas completo.

A terceira categoria é a de inovações químicas, tais como fertilizantes, inseticidas e pesticidas. Estas inovações visam o aumento de rendimento e são fundamentalmente poupadoras de terra ao permitirem a substituição de terra por capital e trabalho. Dessa forma, com o aumento no uso de capital e trabalho, tanto a necessidade de uma gestão especializada quanto não-especializada aumentam.

Por fim, a última categoria de inovação agrícola é a da inovação agronômica, que vem sob a forma de práticas de culturas e técnicas de manejo como rotação de culturas etc. Estas técnicas são geralmente usadoras de trabalho, poupadoras de terra e, assim como as inovações químicas, são fortemente aumentadoras de rendimento.

A capacidade de apropriação dos retornos de pesquisa em cada categoria varia. Enquanto as inovações mecânicas possuem um maior grau de apropriabilidade, as inovações biológicas possuem uma relativa capacidade de apropriação, que pode aumentar dependendo da existência e difusão dos pacotes de tecnologias apropriados para seu uso. Porém, como os custos de desenvolvimento desses pacotes são grandes e a apropriação não é tão alta, as firmas fornecedoras de insumos, ao invés de desenvolverem tais pacotes, deslocarão o seu esforço de pesquisa no desenvolvimento de novas variedades que apresentam uma performance melhor nas condições já existentes.

Para as inovações agronômicas e químicas, os retornos de pesquisa de desenvolvimento não podem ser bem capturados, logo sua pesquisa vai se concentrar principalmente em instituições de pesquisa pública.

Seguindo esta categorização, De Janvry(1973) constrói uma função de produção agregada do setor agrícola que busca contrastar o processo de geração de inovação entre o setor público e privado. Sendo $Y=F[f(K_t, T), g(K_l, L)]$, tal que as subfunções f e g apresentem um baixo grau de substituição entre elas, mas um alto grau nos insumos dentro delas, e onde a representação das variáveis é tal que (i) Y é o produto agregado; (ii) K_t são as tecnologias que substituem terra, na qual estariam os produtos químicos, o capital associado a insumos biológicos e as práticas agronômicas; (iii) T sendo a quantidade de terra; (iv) K_l as tecnologias que substituem trabalho como inovações mecânicas, e (vi) L sendo a quantidade de trabalho. A subfunção g vai apresentar um grau de apropriabilidade maior que a função f , dessa maneira, o setor privado se dedicaria mais ao desenvolvimento de tecnologias substitutas de trabalho, e o setor público no fornecimento de tecnologias substitutas de terra.

3.5.2 A Demanda Real e o Treadmill

A demanda real por inovação é a demanda que a instituição de pesquisa pública encontra. Esta demanda se materializa principalmente através de duas formas: no orçamento deslocado as pesquisas e nos canais de comunicação que ligam os produtores agrícolas aos pesquisadores da instituição. Como a tecnologia agrícola afeta não somente os diferentes produtores do próprio setor, mas também os consumidores como um todo, existem procuras por diferentes tipos de tecnologias na sociedade, de forma que as instituições de pesquisa podem tomar conhecimento dessas diferentes demandas por meio de seus canais de comunicação, que podem servir de base para a montagem e alocação do orçamento com o fim de suprir as maiores necessidades do momento.

Para De Janvry(1973), a questão crucial para especificar a demanda real é descobrir quais são essas demandas que influenciam a pesquisa pública. Para isso, o autor postula que normalmente a pesquisa pública é guiada pelo interesse dos grandes proprietários de terra, que possuem um acesso mais facilitado aos canais de comunicação assim como também possuem alguma influência política na destinação do orçamento. As demais demandas da sociedade normalmente teriam mais chances de ser atendidas se existisse um esforço político do governo através de políticas governamentais explícitas. Desse forma, para se derivar uma demanda real por inovações, deve-se primeiro descobrir quais as variáveis que afetam a função de utilidade do fazendeiro representativo que está por influenciar as instituições do momento.

As primeiras variáveis que afetariam a utilidade do fazendeiro seriam as expectativas de lucros e a aversão ao risco. As constantes quedas de lucro ou o lucro negativo, algo que o autor define como stress, também afetariam a utilidade. Analisando o comportamento do agricultor, o autor observa que, dado uma ausência de stress, as inovações mais buscadas inicialmente são aquelas que buscam incrementar ou melhorar as tecnologias já existentes, algo que ele define como congruência, dessa maneira, em uma utilidade para preferências lexicográficas, a forma da utilidade para inovação seria: $U(\text{risco}; \text{stress}; \text{congruência}; \text{maximização de lucros esperados})$, isto é, primeiro o produtor analisaria se a tecnologia tem alguma probabilidade de lucro acima de algum valor $\alpha > 0$, em seguida, caso exista, buscaria remover o stress de

sua linha de produção.

Na ausência das situações anteriores, a busca seria por melhora de equipamentos já existentes e, por fim, a maximização de seus lucros. Dessa utilidade viria a demanda real, e da interação entre o processo de adoção de tecnologias e da demanda real surgiria o caminho de ajuste para a solução ótima ou para algum viés na geração que deslocaria o setor agrícola para o subdesenvolvimento.

Neste modelo, o processo de adoção de tecnologia no setor agrícola é visto como uma imposição da dinâmica do *treadmill*, na qual a adoção é vista como uma ação influenciada fundamentalmente pelo comportamento dos lucros. Para casos de um setor com demanda inelástica para seus produtos, a dinâmica começaria com aqueles agricultores que buscam lucro procurando inovações que reduzam os custos e aumentem a produção; disso, em um equilíbrio posterior, resultaria um deslocamento da oferta para a direita, além de uma redução no preço e um lucro zero similar a situação inicial. Para casos em que a demanda é elástica, o *treadmill* também seria válido, mas o ajuste se daria pelo aumento no preço da terra, não na redução do preço.

Em uma situação de *product market treadmill*, caso o colapso nos preços não seja o suficiente para extinguir o lucro positivo, a variável que irá terminar o ajuste será o preço da terra. Dessa forma, em uma dinâmica de *treadmill* poderá sempre existir um viés para a geração de inovações poupadoras de terra, categorizadas neste modelo como as químicas e agronômicas, sendo que no caso de um sistema de *land market treadmill* o viés será maior que no de um *product market treadmill*.

3.5.3 A Dinâmica de Ajuste da Demanda Real para a Demanda Latente

Suponha o modelo clássico de Hayami e Ruttan(1988) com uma IPC existente e com dois fatores de produção, tal que T é a quantidade de terra e X representa os demais fatores. Na figura 5, a situação inicial é com a IPC em t-1, a reta de custo em AB e o equilíbrio na técnica I_1 com o uso dos fatores em 1.

Como esse é o equilíbrio inicial, a posição indicada pela reta I diz que o lucro econômico nessa posição é zero. Suponha que o preço da terra aumente e o preço dos demais fatores diminua fazendo com que o efeito líquido seja uma nova reta de

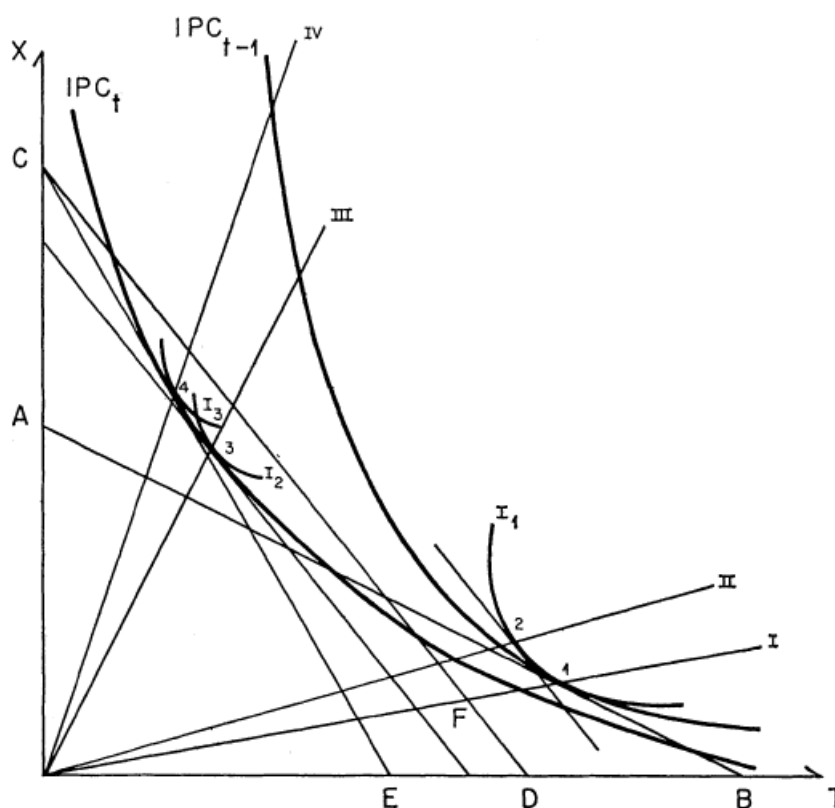


Figura 5: Ajuste para o equilíbrio de demanda latente.
Retirado de De Janvry(1973, p. 413)

custos em CD. Na posição inicial, em 1, os fazendeiros estarão produzindo acima da nova relação de preços e com lucros negativos. Na ausência de uma inovação tecnológica capaz de levá-los a produzir na nova relação de preços, os produtores tenderão a ajustar a quantidade de fatores utilizada em seu processo de produção com o objetivo de minimizar o prejuízo, ou seja, com base na nova relação de preços, eles vão ajustar a quantidade de insumos utilizada na produção com o fim de achar uma nova combinação que faça a técnica existente operar com lucro máximo.

Suponha que esse ajuste esteja no ponto 2, na reta II. Como em 2 os lucros ainda são negativos, uma pressão dos produtores para a geração de novas técnicas que maximizem seus lucros vai começar a existir, fazendo com que as instituições responsáveis trabalhem com o fim de aumentar o estoque de conhecimento da sociedade e que ocorra um deslocamento da IPC para o período t, no qual existirá um novo equilíbrio tal que os recursos sejam alocados de forma socialmente ótima.

Suponha que, na figura 5, a demanda dos produtores se manifeste no desejo

inicial da tecnologia de isoquanta I_2 , no qual os lucros individuais serão maximizados. Como essa tecnologia vai estar operando abaixo da linha CD, os lucros, no ponto 3, serão positivos, o que faz com que os preços e o processo de geração de inovação se ajustem para se alcançar um novo equilíbrio.

Se a demanda é inelástica, o aumento na produção advinda da nova técnica fará com que os preços dos produtos diminuam até que o equilíbrio seja atingido em 3. Se a demanda é elástica e a oferta de terra inelástica, o ajuste se dará por um aumento no preço da terra até que todos internalizem um lucro zero, deslocando a reta para CE e estabelecendo um novo equilíbrio em 4, com tecnologia I_3 .

Em todo esse processo, o ajuste de I para II em uma mesma técnica foi devido a substituição de fatores com o fim de diminuir o prejuízo, enquanto o processo de mudança de II para III ou IV se deveu a inovação tecnológica. Na classificação do autor, a isoquanta I_1 representa a tecnologia tradicional baseada em recursos, na qual o uso extensivo de terra é o fator principal; as tecnologias I_2 e I_3 seriam técnicas mais modernas que estariam potencialmente disponíveis na demanda latente. Se o mercado de preços for socialmente ótimo, a demanda latente também será assim como o desenvolvimento agrícola.

Considere, agora, a função de utilidade lexicográfica proposta por De Janvry (1973), na qual o produtor sempre verifique se uma técnica tem condições de oferecer um lucro maior do que zero em sua operação e sempre busque evitar uma situação de lucros negativos. Na figura 6, que relaciona T, terra, com K_t , tecnologias substitutas de terra, a área da IPC_t que satisfaz esses objetivos está sobre ou abaixo da reta de custo CD. Dessa forma, dado que a situação de risco e o stress foram controladas nestes pontos, o objetivo de congruência em conformidade com a relação dos fatores K_t/T presentes em II vai entrar em ação e influenciará no rumo do viés que a geração da nova tecnologia seguirá.

Suponha que, em 3, o objetivo de máxima congruência com II seja atingido e que os lucros sejam maximizados. Portanto, a demanda real vai direcionar a geração de inovação para a isoquanta I_2 , e a combinação dos fatores será em 3. Se, por outro lado, a reta de custos for C'D', o objetivo da eliminação de stress vai obrigar um deslocamento da demanda real para II', de forma que I_3 seja uma nova tecnologia mais

avançada com o objetivo da eliminação dos lucros não positivos. A mesma situação vale para a reta C"D", o que implica na generalização do modelo de que quanto maior a situação de stress, menos a congruência com as estruturas de produção vigentes vai se impor na demanda real, e o objetivo por tecnologias mais modernas vai se sobressair. Na figura 6 isso pode ser observado pela quantidade de K_t superior em I_4 em relação as demais inovações. O caminho de ajuste do encontro da demanda real com a demanda latente é dado da interação dos processos de adoção com o de geração. A figura 7 ilustra o processo.

Seja CD a reta de custo atual e que a demanda real implicou na geração de I_3 em III. Uma vez que a técnica estiver disponível, os produtores adotantes buscarão sua utilização em 4, local no qual os lucros serão positivos. Suponha que a demanda seja elástica e a oferta de terras inelástica, pelas consequências do *treadmill*, o preço da terra irá subir de forma que a nova relação será CD'. Porém, devido a pressão dos agricultores nas estações de pesquisa, a técnica I_4 será inovada, de forma que ela é congruente com a relação dos fatores predominantes e maximiza os lucros esperados. De forma similar, o uso dessa técnica será em 5, e o processo se repetirá até o limite, de forma que um equilíbrio estável surgirá e a demanda real se encontrará com a relação de fatores presentes na demanda latente.

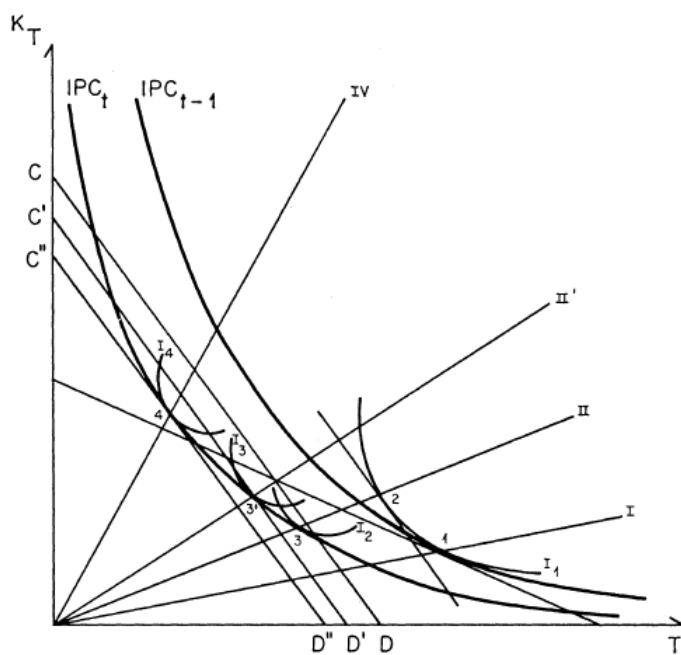


Figura 6: Ajuste enviesado pela demanda real.
Retirado de De Janvry(1973, p. 425)

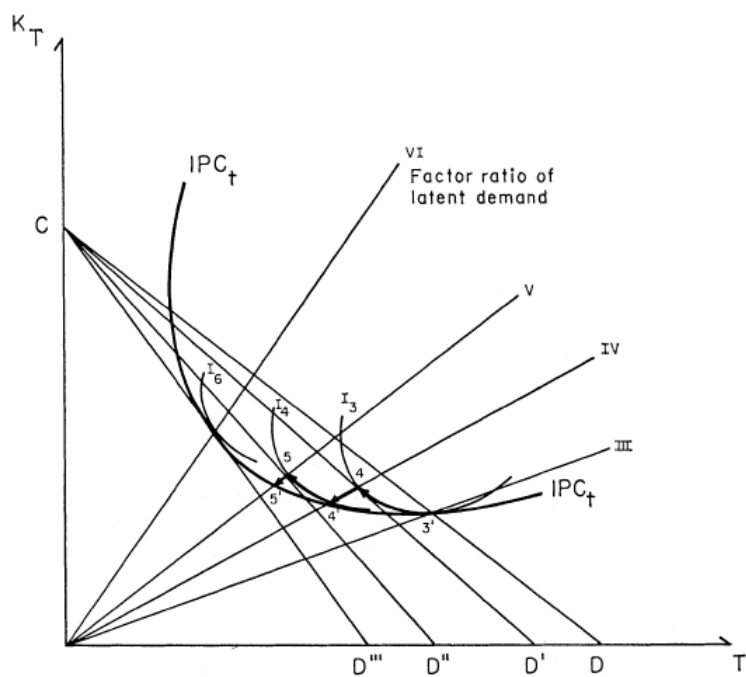


Figura 7: Dinâmica de geração de tecnologia.
Retirado de De Janvry(1973, p. 426)

Assim, o processo de ajuste para a demanda latente depende intrinsecamente da função de utilidade do grupo de indivíduos que conseguem contato com as agências de pesquisa. Caso a representatividade dos fazendeiros seja limitada por um grupo não tão representativo do espectro total de produtores, pode-se originar um processo de geração de inovação enviesada que não necessariamente chegará a demanda latente de forma rápida, o que gera subdesenvolvimento agrícola.

Por exemplo, suponha que os interesses da demanda real sejam dominados por produtores com grandes quantidades de terra, a razão K_t/T desses produtores será baixa de forma que o processo de geração vai responder com base nessa razão, o que vai gerar técnicas que não substituam tanta terra. Da mesma maneira, a razão L/T é menor se comparada com pequenos produtores, portanto, o desenvolvimento de tecnologias mecânicas e biológicas são mais congruentes com seus fatores e são mais interessantes do que o de tecnologias químicas ou agrônômicas, que tenderiam a beneficiar mais os pequenos produtores com razão L/T maior.

Como a apropriação dos retornos de pesquisa para técnicas mecânicas e biológicas são maiores que as de químicas e agrônômicas, induzir o setor público nesse tipo de pesquisa pode gerar uma alocação pouco eficiente, uma vez que o setor privado já nutre esses canais.

Uma maneira minimizar essa congruência enviesada é através da construção de canais de comunicação que tentem abranger uma grande representatividade de produtores com as mais diversas estruturas de produção, para que os institutos de pesquisas consigam observar um maior espectro de demandas e ajustar suas pesquisas e projetos de forma a destinar recursos de pesquisa para o desenvolvimento de técnicas mais condizentes com a razão dos fatores da demanda latente. Um arranjo para tentar contornar esse problema é através da descentralização das agências em diferentes locais com o fim de observar e interagir com os produtores das mais diversas regiões¹.

¹ A Federação Brasileira possui um esforço nesse sentido através das diversas estações da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária(Embrapa). Ver BUAINAIN et al(2015) para uma análise aprofundada do Sistema Nacional de Pesquisa Agrícola e da Embrapa.

4 Modernização Agrícola

Uma vez verificado como as inovações podem surgir na agricultura, resta entender como elas podem se espalham entre os agricultores. Para isso, esse capítulo se organiza inicialmente com a apresentação da investigação de Schultz(1965) do motivo que faz uma agricultura permanecer pobre em meio a outras ricas, e quais seriam os meios para transformar essa agricultura tradicional em uma agricultura moderna. Em seguida, busca-se apresentar os trabalhos de Griliches(1960) e Geroski(2000) que averiguam qual é o padrão empírico observado no processo de espalhamento de uma inovação pelo setor. Por fim, com uma apresentação do trabalho de Filho et al(2011), busca-se entender o que pode diferenciar um produtor de outro na ordem de se adotar uma inovação já disponível no setor.

4.1 A Transformação da Agricultura Tradicional, segundo Schultz (1965)

Existem diferenças na capacidade de produção dos agricultores. Enquanto alguns conseguem produzir em larga escala, outros ficam restritos a uma produção de subsistência. Schultz(1965) busca investigar o motivo de uma agricultura permanecer pobre no meio de tantas outras que são ricas, de forma que, ao entender o porquê dessa diferença, também se consegue concluir como transformar uma agricultura pobre em uma com grandes excedentes de produção.

Schultz(1965) considera uma agricultura pobre em produção como sendo uma agricultura baseada no uso de fatores tradicionais. Por agricultura tradicional, entende-se ser uma espécie de equilíbrio estável alcançado no processo de crescimento agrícola, no qual as condições críticas de estabilidade são a permanência constante, por um grande período de tempo, do 1)estado dos conhecimentos utilizados pelos agricultores da comunidade, e 2)das preferências e motivos desses agricultores para se adquirir e desfazer de fontes de renda, isto é, fatores tradicionais de produção.

Nesse equilíbrio, nenhuma técnica nova é ofertada aos agricultores, uma vez que a base de conhecimentos para a geração de inovações permanece constante. Além disso, o risco no processo de produção dessa economia é mínimo, visto que

todo o conhecimento sobre o uso dos fatores tradicionais é perfeitamente conhecido pelos agentes, de forma que a capacidade de rendimento de cada fator é amplamente conhecida. A incerteza e o aumento do risco relacionados ao rendimento dos fatores vão começar a aparecer em maior escala apenas se for introduzido um novo fator nessa comunidade agrícola, ou seja, quando se iniciar uma saída do equilíbrio devido a uma mudança no estado dos conhecimentos ou nas preferências e motivos dos agricultores.

Dessa maneira, em uma economia como essa, com a plena ciência de como utilizar os fatores tradicionais e quais são os respectivos rendimentos individuais de cada fator relativo aos demais, a possibilidade de ineficiência na aplicação do uso dos fatores é mínima, uma vez que o conhecimento desses fatores e seus rendimentos são vindos de gerações, ou seja, toda a possibilidade de combinação já foi testada e alocada de forma que o uso dos fatores em uma agricultura tradicional chegou a um ponto de eficiência, porém, apesar de eficiente, essa agricultura ainda é pobre de rendimento se comparada com outras agriculturas que utilizam fatores modernos. Isto é, a pobreza da agricultura tradicional vem não da ineficiência de alocação de recursos, mas da incapacidade de rendimento maior dos fatores tradicionais empregados.

Por fatores agrícolas, Schultz(1965) considera o conjunto não só de terra, capital material reproduzível e trabalho, mas também inclui o capital humano dos agentes participantes do processo de produção, o conhecimento e as técnicas presentes na agricultura.

Surge, então, a investigação da possibilidade de existir um problema de subpoupança na agricultura tradicional. Consequentemente, se isso se confirmar, há de se conseguir aumentar o crescimento de uma agricultura tradicional através de um maior nível de poupança dessa população, de forma que um maior investimento posterior nesses fatores tradicionais acarretará em um maior crescimento da agricultura.

Schultz(1965) defende a hipótese de que em um equilíbrio de agricultura tradicional, o nível de poupança já se encontra em um nível "ótimo" para os agricultores, uma vez que os preços dos fatores tradicionais são altos em relação ao seu rendimento marginal, isto é, a taxa de retorno do investimento em fatores adicionais é baixa se comparada ao preço que será desembolsado para o investimento adicional. Dessa

forma, devido a essa baixa taxa de retorno do investimento adicional, não existe incentivos para uma maior poupança visando um investimento futuro, o que faz o nível de poupança ser adequado para a situação presente que se encontra uma agricultura tradicional.

Além disso, dentre a composição relativa dos fatores tradicionais, Schultz(1965) defende que, apesar da taxa de retorno ser baixa em relação ao seu preço para todos os fatores, o fator capital material reproduzível em uma agricultura tradicional é o que apresenta uma maior participação relativa aos demais fatores, de forma que o seu estoque é o que tem a maior participação relativa e o seu retorno é tão baixo quanto os demais. Assim, a falta de crescimento expressivo de uma agricultura tradicional não é originada pela baixa quantidade de capital ou por um problema de subinvestimento ou subpoupança.

O principal problema que atinge a agricultura tradicional é o alto preço relativo dos fatores tradicionais em relação aos seus rendimentos marginais, isso faz com que o crescimento em uma agricultura tradicional seja demasiadamente caro. Desse modo, a possibilidade de introdução de novos fatores que apresentem um preço baixo em relação ao seu rendimento tem a capacidade de criar incentivos para uma maior poupança, um maior investimento em fatores mais produtivos e, por fim, um maior crescimento capaz de tirar a agricultura de um estado de equilíbrio tradicional e levá-la a uma classe de agricultura moderna capaz de produzir excedentes.

Schultz(1965) estabelece três classes de agriculturas: 1) a agricultura tradicional, que é representada pelas condições críticas de equilíbrio já mencionadas anteriormente; 2) a agricultura em estado de transição, na qual fatores modernos que apresentem altos retornos relativamente aos seus preços são introduzidos e ofertados aos produtores, e 3) a agricultura moderna, na qual os fatores modernos já são amplamente empregados pelos agricultores. A diferença de uma agricultura moderna e uma em transição é que nesta existe uma abundância na oferta de fatores modernos que podem ser adotados, enquanto que naquela os poucos fatores modernos que estão disponíveis para adoção acabaram de sair dos centros de pesquisas e fornecedores agrícolas.

Isto posto, a transformação de uma agricultura tradicional em uma agricultura

moderna pode ser realizada através de investimentos capazes de criar condições suficientes para que exista uma oferta de fatores baratos relativamente ao seu rendimento.

Conforme visto no capítulo anterior, para se conseguir introduzir inovação agrícola na economia, o estado dos conhecimentos deve avançar de forma a fornecer possibilidades para o desenvolvimento de um novo fator que se diferencie tecnicamente de alguma forma dos antigos. Quando uma nova técnica é introduzida e aceita pelos agentes, ocorre uma mudança tecnológica. Schultz(1965) entende o termo mudança tecnológica como "os determinados fatores(novos) de produção, adotados e empregados porque tal procedimento é lucrativo para a firma."(p. 143)

Uma condição crítica para a modernização da agricultura é a capacidade dos fornecedores desses fatores lucrativos conseguirem ofertar seus produtos a um baixo preço. Quando essa condição de baixo preço é atingida, o investimento na agricultura tradicional se torna lucrativo, provocando um maior estímulo de poupança e resultando em modernização agrícola com um maior crescimento.

Porém, devido aos problemas de adaptatividade que as técnicas agrícolas possuem, algum investimento em pesquisa e desenvolvimento para adaptação e melhoria das técnicas a uma determinada região deve ser feita pelos ofertantes antes desses produtos serem colocados em mercado. Como a informação e a atividade de pesquisa apresentam riscos e problemas de indivisibilidade e apropriação, uma boa forma de se contornar esse problema é delegando a maior parte da pesquisa e produção de conhecimentos agrícolas a instituições que não analisam prioritariamente os riscos ou lucros, evitando, dessa maneira, um maior custo na produção desses fatores.

Uma firma só decidirá ofertar um produto a uma comunidade se a lucratividade da atividade de produzir e ofertar o produto for positiva para ela. Segundo Schultz(1965), o lucro dessa atividade de distribuição de fatores agrícolas vai depender principalmente de duas variáveis, sendo estas, os custos de introdução do fator na comunidade e o volume de consumidores potenciais existentes nesse mercado, i.e, o volume de mercado.

O custo de introdução do fator dependerá de principalmente de três variáveis de gastos, sendo 1) os gastos realizados no processo de pesquisa e desenvolvimento

da adaptação do produto para a determinada região; 2) os custos de divulgação de informações sobre o produto e 3) outros custos relacionados a outros obstáculos, como custos de obstáculos políticos.

Uma forma de reduzir os gastos em pesquisa e desenvolvimento já foi mencionada anteriormente com a instalações de estações de pesquisa agrícola. Para a divulgação de informação, essa atividade pode se tornar muito custosa a firma caso a comunidade agrícola possua dificuldades em assimilar o que está sendo exposto.

Diferentemente da agricultura tradicional, que se utiliza de fatores que já foram testados e melhorados ao longo de gerações, sendo o seu uso correto perfeitamente conhecido pelos agentes, a presença de um baixo nível de instrução na comunidade que receberá a divulgação de informações de fatores mais complexos pode aumentar significativamente os custos dessa divulgação. Ao contrário da agricultura tradicional, onde o analfabetismo não influencia na alocação eficiente dos fatores tradicionais, em uma agricultura em transição isso pode ser um impeditivo para um caminho de modernização.

Dessa forma, duas maneiras que podem auxiliar na redução dos custos de introdução podem ser através da existência de firmas especializadas em programas de extensão rural e através do investimento no aumento das capacidades e aptidões dos agentes da comunidade agrícola, isto é, um maior investimento no capital humano desses agentes.

Schultz(1965) destaca que o investimento em capital humano é uma parte fundamental para o processo de transformação agrícola. Sendo dividido os fatores modernos de alta produtividade em 1) insumos materiais e 2) habilitações e aptidões necessárias para o uso apropriado desses insumos materiais, apenas a introdução de insumos modernos não será suficiente para obter um processo veloz e contínuo de crescimento da agricultura, uma vez que com a falta das habilidades e aptidões necessárias para a operação dos insumos, estes serão utilizados de forma pouco eficientes, além de que essa falta de qualificações e capacidades da força de trabalho pode dificultar na análise e julgamento desses agricultores sobre os novos fatores na agricultura, além de aumentar os custos de introdução para as firmas.

Em vista disso, o processo de transformação da agricultura tradicional em Schultz (1965) depende fundamentalmente de investimentos em diversos campos, sendo estes, na qualificação e instrução da força de trabalho, isto é, investimento em capital humano da população agrícola, além de investimentos em estações de pesquisa científica que não analisam primeiramente os lucros ou riscos e na capacidade de oferta de serviços de extensão rural, que possam diminuir os custos de introdução para as firmas fornecedoras de insumos modernos lucrativos.

Schultz(1965) e Hayami e Ruttan(1988) concordam que a necessidade da existência das estações agrícolas de pesquisa é uma peça importante para o desenvolvimento da agricultura. Enquanto Schultz destaca a importância no processo de ajuda na redução de custos para as firmas fornecedoras, Hayami e Ruttan destacam a importância que elas possuem na escolha do viés da tecnologia ofertada que contribuirá para o alcance da trajetória de desenvolvimento que a agricultura vai ter a medida que os preços relativos se modificam.

De Janvry(1973) vai destacar que, devido ao problema de apropriação de grupos de interesses, a condição de existência da estação de pesquisa não é o bastante para o encaminhamento da modernização da agricultura através de insumos modernos. Essas estações devem existir, mas elas devem responder aos preços relativos da economia, para se obter o alcance de uma trajetória de crescimento contínua e sustentável.

4.2 O Padrão Empírico da Difusão da Inovação Agrícola

Após ser gerada, a tecnologia agrícola deve ser disponibilizada comercialmente para que ela se dissemine entre os produtores. Griliches(1957, 1960) utiliza dados de adoção de sementes de milho híbrido em algumas regiões dos Estados Unidos da América para observar um padrão comum na forma da difusão da inovação agrícola. Como mostrado na figura 8, o padrão da adoção das sementes híbridas apresenta uma forma logística que, ao apresentar a mesma forma das curvas de difusão de máquinas, equipamentos agrícolas e outras tecnologias de diversas áreas, permitiu o autor assumir que a tecnologia agrícola se difunde como uma curva em formato de S, isto é, na forma em que o padrão é devagar no início, acelerado até chegar a um pico,

normalmente no meio da distribuição, e desacelerado continuamente até chegar em um teto de usuários potenciais.

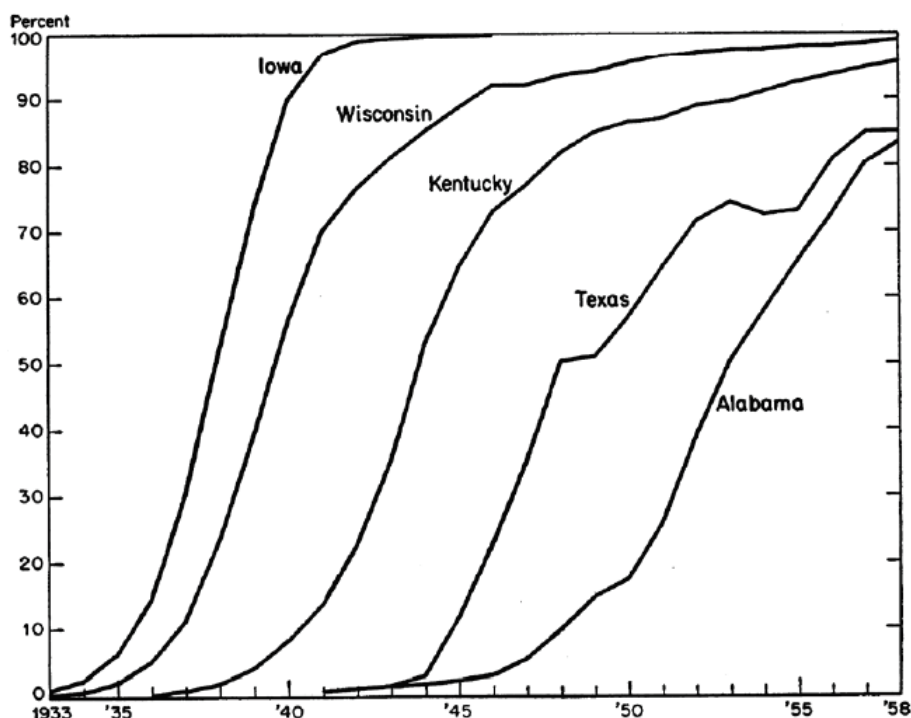


Figura 8: Porcentagem da área plantada com sementes de milho híbrido.
Retirado de Griliches(1960, p. 276.)

Como verificado na figura 8, apesar de apresentarem o mesmo padrão, algumas regiões começaram a adotar o milho híbrido mais cedo do que outras, além de que a velocidade da adoção de algumas regiões é superior a de outras. Explicar o que determina as diferenças no tempo e na velocidade foi o interesse principal de Griliches em seus artigos. Griliches(1957) define a curva logística como $P=K/1 + e^{-(a+bt)}$, tal que, no contexto da difusão, P é a porcentagem plantada de milho híbrido, K é o teto de usuários potenciais ou o valor de equilíbrio, t é a variável de tempo, b é a taxa de aceitação de determinada região e a é a constante de integração que posiciona a curva no tempo.

A constante que posiciona a curva no tempo depende da data de disponibilidade comercial da inovação que tem qualidade boa o suficiente para ser aceita pelos agricultores, ou seja, a inovação em questão não vai estar mais em caráter experimental. Para inovações como sementes, que precisam de adaptações para cada região específica, as agências experimentais agrícolas de cada região possuem um

papel de cooperação com as firmas privadas através do fornecimento de pesquisas e experimentos que ajudam na redução dos custos de inovação e de adaptatividade. A partir do momento em que existam condições de baixo custo para o fornecimento do produto, as firmas passarão a agir pautadas pela expectativa de lucro que cada região pode oferecer, regiões que apresentam um maior mercado potencial serão as primeiras a receber a inovação, enquanto regiões que apresentam baixa densidade de mercado tenderão a receber posteriormente.

Uma vez que a inovação esteja disponível na região, a taxa de aceitação dos produtores locais pode ser diferente das demais regiões. Para Griliches(1960), essas diferenças entre as taxas parte de um fenômeno de demanda, não de um resultado das condições diferentes de oferta, pois após um período inicial a oferta se torna estável e não age mais como um fator limitante. Dessa forma, a taxa de aceitação dependeria da lucratividade apresentada na mudança para sementes híbridas, quanto maior o rendimento dos híbridos por acre de terra, maior a taxa de aceitação. O número médio de hectares de milho plantado por fazenda também afeta a lucratividade. Considerando a ser área plantada, por vezes o custo do investimento nas novas sementes não vai se mostrar atrativo.

Os diferentes níveis de equilíbrio entre as regiões dependeriam do lucro médio da mudança para híbridos. Em áreas que apresentam alta variabilidade de rendimento, isto é, onde o uso de sementes híbridas não é lucrativo a não ser em terras com boa qualidade ou que apresentem tecnologias complementares como irrigação, o lucro médio da inovação tende a ser menor, e a proporção de fazendeiros que enfrentam a possibilidade de não ter retorno do investimento é maior. Em áreas com alto lucro médio, os produtores tendem a não enfrentar prejuízos na mudança.

A partir das verificações empíricas de Griliches, pode-se verificar que o processo de adoção, ou pelo menos o grau de aceitação de uma inovação, depende fundamentalmente da quantidade de lucro que a novidade pode oferecer aos agricultores. Além do destaque para as estações de pesquisa que, através de uma interação com as firmas fornecedoras de insumos, permitem a possibilidade de adiantamento na disponibilidade da inovação em determinada região. Esse destaque da influência do lucro na adoção de tecnologia vai em favor do que Schultz(1965) considera como mu-

dança tecnológica, isto é, o conjunto de novas técnicas que são adotadas pelas firmas quando essa adoção se mostra lucrativa. Dessa forma, para um processo de modernização, a inovação antes de mais nada deve oferecer oportunidade de lucro para ser cogitada a adoção pelos produtores.

4.2.1 Modelos Epidemiológicos de Difusão, segundo Geroski(2001)

O padrão apresentado na difusão do milho híbrido é conhecido na literatura como um modelo de difusão epidemiológico. Geroski(2000), ao apresentar o modelo epidemiológico, parte do princípio de que, se uma nova tecnologia se demonstra superior a antiga, a explicação da adoção tardia de uma firma em relação a outra se dá pelo fato de que a informação sobre a nova técnica chegou mais tarde em uma do que em outra firma. A partir dessa premissa, o modelo é construído com o objetivo de estudar a disseminação de uma informação sobre uma nova tecnologia.

Supondo que existam N usuários potenciais da nova tecnologia e que eles a adotem apenas depois de ouvirem sobre ela, se t é definido como o tempo, $y(t)$ vai representar a quantidade de usuários que adotaram a nova prática em t , enquanto $\{N - y(t)\}$ representa os não adotantes em t . Supondo, agora, que exista uma fonte central que é responsável pela transmissão da informação atingindo $\alpha\%$ da população a cada instante de tempo, o incremento de aumento da adoção na população vai ser dada pela quantidade de não usuários que a fonte conseguir atingir para cada instante de t , isto é, $y'(t) = \alpha\{N - y(t)\}$, tal que $0 \leq \alpha \leq 1$, sendo que se $\alpha = 1$ a fonte atingirá todos os não usuários no período inicial.

Ao se resolver a equação diferencial acima, a função de adoção que descreve o comportamento da curva que apresenta uma fonte central de informação é dada por $y(t) = N\{1 - e^{-\alpha t}\}$, o que forma uma função exponencial. Quanto maior for a capacidade de abrangência que a fonte central conseguir alcançar, maior será a difusão e o número de adotantes.

Para se alcançar o formato de S típico de uma logística, considere que a informação sobre o uso da técnica, ao invés de ser passada por uma fonte central, é transmitida de pessoa para pessoa. O conhecimento do uso eficiente da nova tecnologia é desenvolvido, aprimorado e transmitido a partir dos adotantes dessa nova prática

e, a cada novo adotante, o estoque de conhecimento é elevado até chegar em um valor máximo de pleno domínio sobre a técnica atual. Como são os próprios usuários que constroem o conhecimento de uso, a transmissão por uma fonte central não seria tão eficiente, além de que alguns usuários potenciais não estariam dispostos a adotar a nova prática sem possuir acesso a uma quantidade inicial razoável de informação sobre o uso e as características da técnica.

Para se ter acesso ao estoque de conhecimento sobre a tecnologia, os usuários potenciais devem se encontrar com usuários atuais que já possuem experiência acumulada com a nova prática. Supondo que exista uma probabilidade β de cada usuário individualmente e independentemente encontrar um não usuário, e se existem $y(t)$ usuários atuais, então a probabilidade do contato ser feito para um dos $\{N - y(t)\}$ atuais é de $\beta y(t)\{N - y(t)\}$, significando que a base de usuários no período seguinte, $t+1$, será $y(t+1) = y(t) + \beta y(t)\{N - y(t)\}$, isto é, o número de usuários do período seguinte será o número de usuários atuais mais o número de usuários que foram contactados e convencidos a adotarem a nova técnica.

Se $y(t+1) = y(t) + \beta y(t)\{N - y(t)\}$, então $\Delta y(t) = \beta y(t)\{N - y(t)\}\Delta t$, tal que $\Delta t = (t+1) - t = 1$. Fazendo $\Delta t \rightarrow 0$, temos que $y' = \beta y(t)\{N - y(t)\}$, que forma uma diferencial não linear.

Em um primeiro momento, podemos observar que y' é uma função quadrática de y , isto é, o incremento na quantidade de adotantes depende quadraticamente do número de usuários atuais. Como $-\beta y^2 + \beta N y$ possui a concavidade da parábola para baixo e o discriminante positivo, $\Delta = (N\beta)^2 > 0$, existe um ponto de inflexão onde a inclinação de y vai mudar. Calculando o ponto de máximo da parábola, com $y'' = \beta N - 2\beta y$, temos que o ponto de inflexão, quando $y'' = 0$, é $N/2$, ou seja, conforme o número de adotantes crescer a partir de um $y(0)$, a taxa de variação instantânea dos adotantes vai crescer inicialmente até atingir seu máximo na metade da população potencial, $N/2$, para depois decrescer conforme o aumento do número de adotantes y .

Ao se resolver a diferencial, como mostra Geroski(2000), a solução é $y(t) = N\{1 + \phi e^{-kt}\}^{-1}$, tal que $K \equiv \beta N$ e $\phi \equiv (N - y(0))/y(0)$, onde $y(t)$, o número de usuários adotantes da nova tecnologia em t , assume um comportamento de uma função sigmóide, com o formato de S, e com o ponto de inflexão em torno de $N/2$. Pode-se

observar que para se evitar indeterminações, $y(0)$ deve ser maior que zero, ou seja, a difusão nesse formato só pode ocorrer a partir de um período em que já esteja formada a base inicial de usuários. Esses usuários, ao contrário da grande maioria, que precisa primeiro de um contato prévio com outros usuários, para obter uma quantidade de informações sobre a técnica e seu uso, para então decidir ou não se vai adotar, eles adotam a nova técnica tomando todo o risco e quase sem nenhum conhecimento prévio, o que implica que esses usuários pioneiros são, de alguma maneira, diferentes dos usuários posteriores.

Em Geroski(2000), a interpretação do formato de S da curva é explicada inicialmente pelo aumento gradual da taxa de infecção conforme mais usuários vão aderindo a nova prática e aumentando o estoque de conhecimento, que pode ser transmitido até que essa taxa atinja o seu máximo em $N/2$ e comece a cair conforme o número de não usuários vai se tornando mais difícil de encontrar. Vale destacar que o acúmulo no estoque de conhecimento da técnica não necessariamente para em $N/2$, apenas que o incremento da adoção cai pelo aumento da dificuldade de encontro dos não adotantes com os usuários. Geroski(2000) exemplifica o comportamento das duas funções de difusão, a de fonte central e a de pessoa-pessoa, conforme a figura 9. A curva A representa a função exponencial modificada e a curva B a logística.

O problema da base de usuários iniciais pode ser contornado assumindo que eles são convencidos por um fonte central antes de adotarem as respectivas tecnologias, Geroski(2000) apresenta uma função de difusão misturando o modelo de fonte central com o de pessoa-pessoa, onde, em um dado intervalo Δt , vão existir não usuários que serão expostos tanto a fonte central quanto a outros usuários, dessa forma, a probabilidade de um deles ser informado é $\{\alpha + \beta y(t)\}$, no qual α , β e $y(t)$ possuem as mesmas definições que já foram apresentadas anteriormente.

O modelo de informação mista é definido por Geroski(2000) como $y(t) = N\{1 - e^{-(\alpha/\sigma)t}\} \times \{1 + \psi e^{-(\beta/\sigma)t}\}^{-1}$, onde $\sigma \equiv \alpha/(\alpha + K)$ mede a força relativa da fonte comum. Se $K=0$, então nenhuma informação é transmitida de pessoa para pessoa e a fonte central faz todo o trabalho de difusão. Se $\alpha = 0$, dessa maneira, para se evitar indeterminação quando $\sigma = 0$, é definido que, quando $\sigma = 0$, $y(t) = 0$ para todo t e não ocorre difusão da nova tecnologia, já que não vai existir nenhuma fonte central para angariar

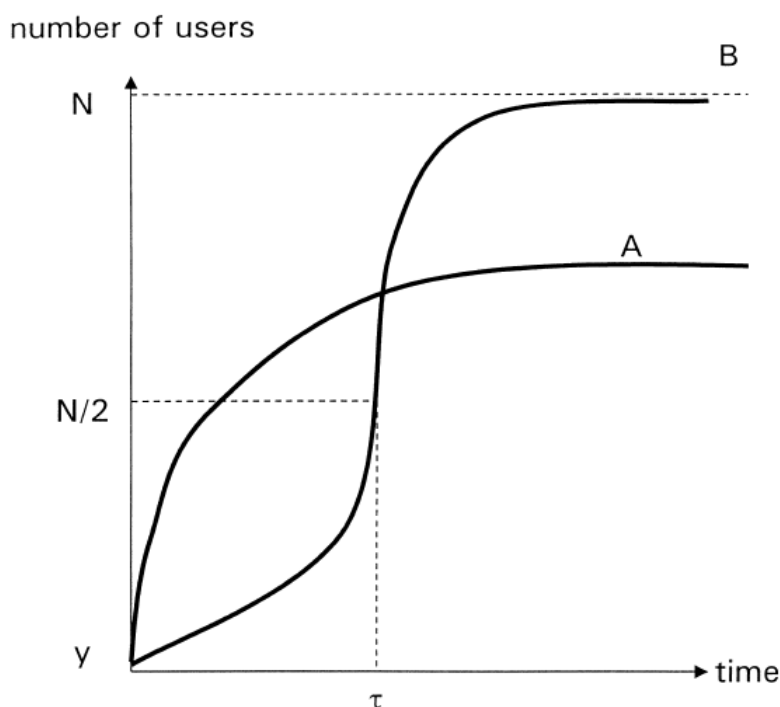


Figura 9: Comportamento das funções exponencial e logística.
Retirado de Geroski(2000, p. 605)

os usuários iniciais e iniciar o processo de pessoa-pessoa.

Conforme mostra a figura 10, o comportamento da força relativa da fonte comum impacta no formato da curva, quanto menor a influência da força comum, mais o processo de difusão depende do contágio de pessoa para pessoa, isto é, mais a curva se aproxima de um formato sigmóide comum a uma função logística. A diferença, como nota Geroski(2000), é que o ponto de inflexão será inferior a $N/2$, isto é, em um modelo misto, a difusão começa a perder força antes de chegar a metade da população de usuários potenciais. Conforme σ cresce, o segmento superior côncavo vai se esticando cada vez mais e a curva vai apresentando assimetria.

Dessa forma, considerando as hipóteses de que a tecnologia é lucrativa para todos os agricultores e que a não adoção é apenas uma questão de falta de informação, o padrão de difusão da informação em uma função mista pode depender grandemente da força relativa da fonte comum. Supondo, agora, que a fonte comum de disseminação de informações seja um investimento da própria firma que desenvolveu a tecnologia. Para se conseguir uma grande abrangência de cobertura dessa extensão rural, é razoável supor que os custos desse investimento serão diretamente proporcionais ao

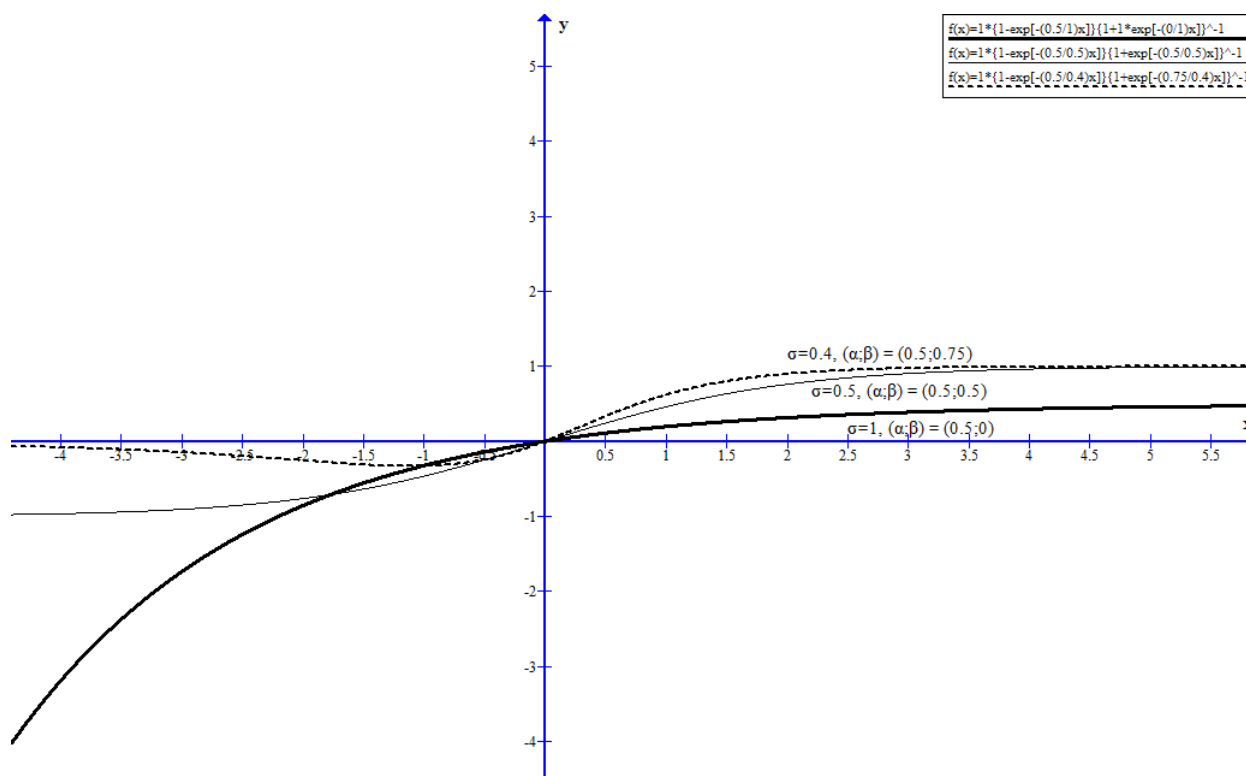


Figura 10: Simulação do comportamento da função de difusão mista conforme variação de σ , tal que $\sigma = 0,5/(0,5 + \beta * 1)$

Fonte: Elaboração própria.

tamanho da população que se deseja cobrir. Quanto maior o tamanho de cobertura da população, maior o número de técnicos treinados e maior os custos de organização e deslocamento.

Na abordagem de Schultz(1965) sobre a transformação de uma agricultura tradicional, um alto custo de disseminação de informação pode levar a empresa a escolher não ofertar sua tecnologia, uma vez que isso aumenta os custos de introdução do novo fator e diminui seu lucro. Em vista disso, uma abordagem de difusão de informação que se torna uma boa opção para uma redução de custos é uma na qual a força relativa da fonte comum seja mínima, e a maior parte da difusão seja feita espontaneamente de forma descentralizada, permitindo dessa forma uma maior probabilidade de oferta de fatores que modernizem a agricultura.

Essa saída de uma fonte comum para uma difusão descentralizada de informações pode se tornar mais fácil na medida que existam diversas firmas especializadas na promoção da extensão rural, assim como na capacidade dos usuário e potenciais usuários da tecnologia possuírem aptidões e habilidades para digerirem e replicarem

as informações, ou seja, como visto na abordagem de Schultz(1965), o investimento no capital humano desses usuários pode aumentar a sua facilidade de absorver informações e posteriormente passá-las a frente, permitindo, também, uma maior capacidade de modernização agrícola.

4.3 Fatores Condicionantes da Adoção de Tecnologia

A tecnologia agrícola, principalmente na categoria mecânica, precisa de ajustes e adaptações antes de começar a operar em outros tipos de terrenos diferentes do qual foi projetada inicialmente. Tanto De Janvry (1973), Schultz(1965) e Giliches(1960) consideraram os lucros esperados de uma nova técnica como fatores determinantes para a adoção pelo produtor. Geroski(2000) nota que no modelo de difusão epidemiológico com fonte de disseminação da informação sendo as próprias pessoas é necessário que uma base inicial de adotantes pioneiros exista para que o processo se torne possível, e que esses pioneiros são de alguma forma diferentes dos usuários posteriores.

Giliches(1960) considera que, no longo prazo, quando se pega o país como um todo, as características socioeconômicas dos produtores se anulam ou não tenham tanta significância no processo e no padrão da difusão, e que seriam as variáveis econômicas, como a lucratividade, que determinariam a taxa de aceitação da tecnologia. Variáveis sociológicas como educação e status social teriam importância em ajudar no entender da diferença entre os agentes pioneiros e tardios. Nesta seção será abordado quais são as principais variáveis que influenciam no processo de decisão de adoção dos produtores e como essas variáveis podem os diferenciar um do outro na hora da escolha por adotar uma inovação.

Filho et al.(2011) realizam uma revisão de literatura onde buscam reunir os principais condicionantes de adoção da tecnologia agrícola. Nessa revisão, percorrendo os estudos de diversos autores, eles reúnem as conclusões desses trabalhos e as categorizam em quatro grupos, a partir de suas semelhanças, sendo estas: i)as características socioeconômicas e internas do produtor; ii)as características da forma da produção e da propriedade rural; iii)características presentes na tecnologia em si e iv) os fatores sistêmicos externos ao controle do produtor. Para cada grupo, os autores

explicitam variáveis que condicionam a decisão de adoção do produtor.

4.3.1 Características Socioeconômicas e Internas do Produtor, segundo Filho et al.(2011)

Para o primeiro grupo, Filho et al. (2011) estabelecem que o primeiro fator para a adoção está relacionada com variáveis que representam o capital humano do produtor, tais como experiência, educação, capacidade e habilidade. Existe uma relação positiva entre adoção e experiência. A experiência no campo ajuda tanto no manuseio correto das técnicas tradicionais como na adoção de novas práticas. Devido aos anos no campo, o produtor adquire um conhecimento que o auxilia na identificação de problemas, na busca e na aplicação de novas práticas, o que facilita no julgamento da utilidade de uma nova prática e no processo de adoção.

Outros fatores como consumidores mais exigentes, a inserção em mercados competitivos e no mercado internacional ajudam a criar pressão para a adoção de tecnologias. O tipo de mercado e o nicho de consumidores para qual o produto se destina também contribui, a exemplo os consumidores mais sensíveis ecologicamente que demandam alimentação com certas exigências ambientais, o que obriga o produtor a buscar soluções e práticas ecologicamente mais corretas.

Além da experiência, outra característica importante é a capacidade do produtor obter e processar a informação referente a técnica em questão. A obtenção da informação é importante porque ela desempenha um papel crucial na hora de discernir se uma técnica é boa ou não para o fim proposto e se sua implementação será boa ou não. Desta maneira, o acesso a canais de informação sobre as novas práticas é relevante, assim como a capacidade de processá-las e entendê-las.

Um dos indicadores para essa capacidade de processamento do produtor é seu nível de escolaridade e formação. Como exposto anteriormente, assim como a relação entre adoção e experiência é positiva, também é razoável esperar que a relação entre adoção e escolaridade seja maior que zero.

Sobre a quantidade de informação que um produtor recebe, uma forma de ampliar a sua base de conhecimento é com a formação de redes de contatos. Da quali-

dade destas redes, os autores argumentam que quanto mais diversificada com produtores com diferentes experiências, formações e escolaridades, maior a qualidade da informação recebida, uma vez que a diversidade encontrada no conflito das informações pode ajudar os produtores a adotarem pensamentos mais flexíveis e ponderados, de forma que uma novidade de tecnologia possa não ser vista com tanta estranheza e aceita mais facilmente.

Portanto, a oferta de uma boa base de conhecimento junto com um aumento nas capacidades cognitivas do produtor podem potencializar a adoção de novas tecnologias no campo.

Filho et al(2011) utilizam os conceitos de autoeficácia e ansiedade para o uso da tecnologia com o objetivo de entender uma boa forma para políticas de propagação de tecnologia. A autoeficácia é a crença que o indivíduo tem sobre sua capacidade de conseguir realizar uma ação ou tarefa específica, essa crença está ligada a experiências bem sucedidas na área relacionada a inovação e/ou com o conhecimento relacionado a gestão de inovações similares. A ansiedade para o uso da tecnologia é o receio em realizar a tarefa.

Na questão da inovação, a crença de conseguir realizar algo também é grandemente afetada tanto pela observação sobre um outro produtor que já adota alguma nova prática como também pela persuasão verbal sobre a facilidade do uso da técnica. Quanto maior a autoeficácia, menor será a ansiedade e maior será a adoção. Dessa maneira, políticas e programas de transferência de tecnologia podem obter uma maior taxa de sucesso se focadas inicialmente nesses produtores que possuem uma menor ansiedade. Como estes produtores são mais propensos a adotar novas práticas, o ato da sua adoção contribui para a observação dos produtores vizinhos e no aumento de suas respectivas autoeficácias, o que faz com que o nível de adoção da região como um todo aumente, isto é, ao começar o programa mirando em um líder mais propenso a adotar, este líder servirá como um exemplo propagador da nova técnica contribuindo com a probabilidade de sucesso na difusão da tecnologia.

Como já notado em Schultz(1965), os fatores modernos, cada vez mais, se distanciam dos tradicionais, de maneira que, para a boa gestão da tecnologia moderna, o domínio do conhecimento e da prática sobre as técnicas tradicionais pode não con-

tribuir tanto para o uso da nova técnica. Dessa forma, o uso eficiente da tecnologia moderna fica cada vez mais dependente da capacidade de aprendizado do produtor, ou seja, vai depender mais de seu capital humano.

Observar o uso de uma técnica pode ajudar no entendimento de seu funcionamento e de seu uso apropriado. Quanto maior a capacidade de aprendizado do produtor mais fácil será o entendimento e o conhecimento adquirido da observação. Os autores estabelecem que a capacidade de aprendizado depende de dois tipos de inteligências: a fluida e a cristalizada.

A fluida remete a velocidade de raciocínio e a capacidade de processar a informação, enquanto a cristalizada diz sobre o conhecimento adquirido durante a vida por meio de experiência e educação. Geralmente a fluida tende a cair conforme o tempo enquanto a cristalizada tende a ficar estável ou aumentar. No caso da adoção, a inteligência fluida é positivamente relacionada com a adoção: maior a capacidade de raciocínio, maior a capacidade de obter informações e menor a indecisão na hora de decidir adotar ou não alguma prática.

Porém, como esta inteligência tende a diminuir com o tempo, a idade se mostra uma variável negativamente relacionada com a adoção, uma vez que diminui a inteligência fluida. Por outro lado, quanto maior a idade, maior a base de conhecimento cristalizado, formando uma relação positiva entre idade e adoção. Dessa forma, um aumento na idade pode levar tanto a uma diminuição na probabilidade de adoção assim como em um aumento.

Construindo-se uma relação entre adoção e idade como a soma das parcelas dos efeitos da idade na inteligência fluida e na inteligência cristalizada, isto é, $\text{Adoção} = \text{Efeito Fluido} + \text{Efeito Cristalizado}$, os autores verificaram em sua revisão que, na literatura empírica, o efeito que domina é o fluido, ou seja, a redução da capacidade de processar informação é dominante sobre o aumento no estoque de conhecimento fornecido pela idade, deixando o impacto da idade sobre a adoção negativo.

Isso se relaciona com outra questão levantada pelos autores de que apesar da experiência no campo aumentar a probabilidade de adoção, a idade pode reduzi-la, o que implica que produtores mais jovens tendem a possuir um maior interesse em

novidades que os mais velhos, o que os torna, geralmente, os pioneiros na adoção de novas práticas. Dessa forma, um problema que pode levar a queda nas taxas de adoção é a emigração dessa juventude para centros urbanos devido a falta de oportunidade nos campos, o que levaria a um envelhecimento na população do campo e a uma conseqüente redução na taxa de adoção.

A taxa de dependência das famílias também influencia no processo de adoção, unidades familiares com alta taxa de dependência não possuem grandes excedentes de forma que os recursos são destinados para a subsistência e não para o investimento. Em unidades que a base da produção está concentrada na capacidade de produção da família do produtor, a capacidade de acumulação é afetada diretamente pela taxa de dependência da família. A taxa de dependência é a razão entre o número de membros que não trabalham pelo de pessoas que trabalham. Uma alta taxa significa que existem poucas pessoas trabalhando para sustentar a unidade. Para situações como essa, o excedente para acumulação é baixo, de forma que a capacidade para investimento também o é.

Em casos de insegurança alimentar ou baixo padrão de vida, a unidade vai priorizar a sobrevivência e a alocação de recursos para investimento em inovação será menor ainda. Além da taxa de dependência, outras causas para a dificuldade que agricultores familiares enfrentam para adotar novas tecnologias se encontram na baixa escolaridade, na baixa experiência em gestão tecnológica e na pequena inserção no mercado de serviços como o financeiro.

Pequenos agricultores cuja sobrevivência imediata dependa da produção corrente são extremamente avessos ao risco presente na adoção de novas práticas. O acesso a serviços e a instrumentos que diminuam o impacto causado por resultados negativos na produção podem aliviar essa tensão causada pela sobrevivência imediata assim como reduzir a resistência para a adoção por novas tecnologias. Dessa maneira, o acesso a mecanismos que apresentem garantias de mercado sobre a produção podem aumentar a taxa de adoção.

A condição fundiária do produtor também impacta diretamente na adoção. Como arrendatários possuem um horizonte de planejamento menor que o proprietário da terra, eles estão sujeitos a uma incerteza que atrapalha na decisão de implementação

de investimentos sobre a produção, uma vez que eles não estão seguros de que vão usufruir por um grande tempo dos benefícios do investimento.

De maneira parecida, muitos agricultores familiares enfrentam problemas na titulação de suas propriedades, com muitas sendo adquiridas de maneira informal, mas não legalizada. Dessa forma, o acesso a instrumento e a serviços de crédito são prejudicados devido a essa falta de ordem jurídica, prejudicando, assim, a capacidade de realização de investimentos em novas práticas.

Outras fragilidades que os pequenos produtores possuem para atingir um nível sustentável de geração de renda estão presentes na sua escala de produção, seu tamanho e seu grande espalhamento. Uma forma de combater isso se dá por meio da organização de grupos de interesses comuns como cooperativas, isto é, tenta-se reduzir essa atomização encontrada nas firmas produtivas e criar um grupo maior que consiga exercer maior influência.

Tais grupos ajudam na melhora da capacidade de produção e no uso eficiente dos recursos por meio de arranjos como o compartilhamento ou compra conjunta de máquinas e equipamentos, investimento em infraestrutura e compartilhamento de informações. Além disso, a formação de um grupo de interesse contribui no poder de pressão junto ao governo e instituições de pesquisa.

4.3.2 Características da Forma da Produção, da Propriedade Rural, da Tecnologia e os Fatores Sistêmicos

Características da estrutura do solo da região em que se produz, da existência ou não de infraestrutura para escoar a produção, do fornecimento ou não de energia e água, assim como a escala e a forma do sistema de produção sendo intensivo ou extensivo impactam na decisão de adoção.

A tecnologia pode oferecer ganhos de produtividade e redução de custos, mas a sua implementação requer não só um investimento inicial como também gastos que, por vezes, podem ser recorrentes para a sua manutenção. Certos pacotes de tecnologia demandam uma contínua aplicação periódica de fertilizantes ou pesticidas até que o produto final esteja pronto para a colheita. Para os agricultores familiares em geral,

uma vez que o descompasso entre o fluxo de caixa necessário para manter a prática pode ser recorrentemente inferior a renda disponível, a implementação desses tipos de pacotes que requerem uma constante manutenção não é tão viável.

Como a agricultura familiar não possui grande capacidade de criar excedente e geralmente vê a adoção de uma nova prática com um maior risco, a busca de crédito e serviços financeiros desse agricultor também não é grande, uma vez que isso aumenta ainda mais o risco da produção e da adoção de uma nova prática.

Além disso, a agricultura familiar que tenha produtores com baixo capital geralmente possui um sistema de produção mais diversificado, com técnicas intensivas em trabalho e sem a necessidade da busca de insumos externos a propriedade rural. Dessa forma, a agricultura familiar geralmente apresenta características diferentes da patronal. Programas de modernização que ignorem as características da organização e da forma de produção podem cair em um problema de falta de tecnologia adequada para esses produtores, o que implicaria em taxas menores de sucesso. Como a agricultura familiar apresenta aspectos distintos da patronal, as estratégias de sua modernização também devem ser diferentes e respeitar esses aspectos.

O tamanho da propriedade rural também é relevante na questão da adoção para a agricultura. Na presença de uma pequena propriedade, as tecnologias grandes, caras e indivisíveis, como as colheitadeiras, podem não ser tão atraentes para esses produtores com pouca terra por causa que a sua implementação superaria a capacidade de utilização eficiente nessas propriedades, já que seria um investimento grande demais para pouco uso. A partir disso, o surgimento de arranjos que possibilitem o acesso por meio de uso cooperativo possibilitaria um caminho para o uso eficiente.

Dessa maneira, as características singulares de produção da agricultura familiar; o pequeno tamanho das propriedades; a grande atomização que leva a dificuldades na formação de grupos de interesses comuns; a constante desordem jurídica que cerca a legalidade dessas propriedades familiares e a grande aversão ao risco vinda de uma baixa capacidade de criar excedente formam fatores que atrapalham a adoção de práticas modernas e a modernização da agricultura familiar.

A presença de infraestrutura adequada para o uso das novas práticas também se

mostra relevante. Regiões que não possuem acesso a água ou energia são impedidas de adotarem tecnologias que demandem tais insumos como irrigadores ou máquinas. O tipo de terreno da propriedade também é um fator para a adoção, já que a tecnologia deve ser adaptada para o seu funcionamento correto. Caso não exista um serviço que ofereça a adaptação quando ela for necessária, a aplicação e o uso da tecnologia vai se mostrar impossibilitada.

Segundo os autores, a maioria das pequenas propriedades estão em áreas mais marginais com terra apresentando pouca fertilidade e topografia desfavorável. Dessa forma, a qualidade do solo pode influenciar na demanda por inovação, uma vez que quanto melhor o solo, maior a quantidade de produto a ser obtido e maior a demanda por tecnologias como irrigação, uma vez que com a adoção desse tipo de tecnologia a renda do produtor pode aumentar através de um maior produto.

Conforme visto acima, para Filho et al(2011), no processo de adoção, mesmo que exista a presença de informação completa sobre a tecnologia, a decisão do processo de adoção ainda é impactada por fatores como a disponibilidade de capital, terra e crédito, e isso pode diferenciar um produtor de outro na hora da escolha da adoção, mesmo com a presença de informação perfeita sobre a técnica.

5 Considerações Finais

Conforme exposto no trabalho, a inovação voltada para a agricultura é considerada diferente da destinada a indústria como um todo, pois, diferentemente da indústria, a aplicação da tecnologia na agricultura depende de adaptações climáticas e geográficas para seu bom funcionamento. Estas adaptações são realizadas por empresas fornecedoras de insumos agrícolas ou por instituições de pesquisa, sendo que o papel reservado ao produtor agrícola é apenas o de adotante e sinalizador da relação existente entre os fatores de produção.

O processo de geração da tecnologia socialmente ótima para a agricultura tem seu início na mudança relativa de preços agrícolas. Ao perceber que um fator encareceu de forma que os custos se modificaram, o produtor sinaliza aos responsáveis pela atividade inventiva de forma que a nova tecnologia será criada com o objetivo de poupar o agora fator mais caro. Se os preços agrícolas refletirem os equilíbrios de oferta e demanda do mercado de fatores, então a sinalização do produtor aos inventores guiará a tecnologia para um viés socialmente ótimo.

O processo de inovação para a agricultura apresenta características que, se não respeitadas, podem levar a tendências não desejáveis e a níveis de investimentos subótimos. O subinvestimento das firmas na produção de conhecimento advém do tipo da natureza do produto da invenção, que se materializa na forma de informação, isto é, em um bem indivisível, intangível e de difícil apropriação, e pode ser minimizado com o esforço de pesquisa vindo de instituições que não analisam primariamente o lucro ou o risco. Devido aos diferentes tipos de tecnologias que podem ser utilizadas na agricultura, surge um problema de falta de apropriabilidade que levará a investimentos subótimos em alguns tipos de inovações. Para a minimização desse problema, a pesquisa agrícola pública se manifesta no esforço de gerar conhecimento sem a preocupação primária de observar lucros ou riscos.

O viés existente na pesquisa pública pode se direcionar para um caminho socialmente ótimo ou não. Se existir uma boa comunicação entre os pesquisadores e produtores rurais ou se os pesquisadores forem guiados por incentivos a resolução de problemas socialmente relevantes que surgem da relação dos fatores, o resultado

da pesquisa pública será o de um caminho que leva a agricultura para um desenvolvimento socialmente ótimo. Caso o orçamento destinado a pesquisa pública ou os canais de comunicação sejam influenciados e dominados por grupos específicos que não representam e manifestam a real relação entre os fatores, a pesquisa pública contribuirá para o subdesenvolvimento agrícola.

Sobre as variáveis que influenciam no processo de difusão, a expectativa de lucros na adoção e a disponibilidade para as diferentes regiões se destacam em importância. Regiões na qual a troca da técnica antiga para a moderna não apresentam boas expectativas de lucro terão um maior atraso no espalhamento da tecnologia, porque tanto o teto potencial de usuários, a taxa de aceitação dos agentes e o interesse das firmas fornecedoras será diminuído devido a baixa perspectiva de lucro.

Nos modelos analisados de difusão epidemiológicos, o processo de difusão da informação da tecnologia por uma fonte central sofre com a questão da capacidade de abrangência do alcance da fonte central: caso a fonte não consiga atingir uma grande parcela da população, o processo não será tão abrangente. No modelo de difusão tendo como base a informação difundida pelos próprios usuários, o principal destaque se encontra na diferenciação entre os usuários pioneiros e os tardios, sendo que, de alguma forma, a primeira base de usuários deve ser formada para que o processo de difusão se inicie. Por último, no modelo de difusão mista, reúne-se a fonte central com a disseminação por usuários, de maneira que a base inicial é formada por agentes mais propensos ao risco e que estão dispostos a confiar na fonte central, enquanto os demais usuários esperam o estoque de conhecimento sobre a técnica aumentar para realizar a adoção.

Além da expectativa de lucro e do fator risco, outras variáveis diferenciam os produtores na hora da decisão ou não da adoção. Variáveis socioeconômicas e internas ao produtor, bem como características na forma da produção, da propriedade rural, da própria tecnologia e de fatores externos ao produtor também contribuem para a diferenciação entre os agentes pioneiros, tardios e os não adotantes.

Surge, desta distinção entre os agentes, problemas e características que podem ou não prejudicar a adoção e a modernização da agricultura como um todo. Agentes muito sensíveis ao risco, que a sua sobrevivência imediata dependa do resultado da

produção, e que tenham como principal força de trabalho o seu núcleo familiar e não possuam a capacidade de gerar tanto excedente devido a característica de sua terra e produção, podem se afastar cada vez mais da escolha por modernização, devido a dificuldade de conseguir acesso a informação da tecnologia e ao crédito para o financiamento dessa tecnologia, principalmente se a suas terras estiverem sob uma situação jurídica frágil.

6 Referências Bibliográficas

ALVES, Eliseu; BUAINAIN, A. M.; DA SILVEIRA, J. M.; NAVARRO, Z. Sete teses sobre o mundo rural brasileiro. **Revista de Política Agrícola**. Ano XXII – No 2 – Abr./Maio/Jun, p. 110-111, 2013.

ALVES, E. & CONTINI, E. Tecnologia: prosperidade e pobreza nos campos. In: IBGE, **O Censo entra em campo : o IBGE e a história dos recenseamentos agropecuários**. Rio de Janeiro, 2014.

ARROW, K. Economic Welfare and the Allocation of Resources for Invention. In: Universities-National Bureau Committee for Economic Research, Committee on Economic Growth of the Social Science Research Council, **The Rate and Direction of Inventive Activity: Economic and Social Factors**, Princeton University Press, 1962, p. 609 - 626

BINSWANGER, Hans P.; RUTTAN, Vernon W. **Induced innovation: Technology, institutions, and development**. Baltimore: Johns Hopkins Univ Press, 1978, cap. 2 e 4.

BRASIL; Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastacimento(Mapa). **Plano Safra da Agricultura Familiar 2017/2020**. 2017.

Disponível em: <http://www.mda.gov.br/sitemda/plano-safra-da-agricultura-familiar-20172020>. Acesso: 24/06/2019.

BREWSTER, John M. The machine process in agriculture and industry. **Journal of Farm Economics** 32 (February), 1950, 69–81.

BUAINAIN, A. M.; VIEIRA, P. A.; TORRES, D.; CONTINI, E.; A Embrapa e seu Papel no Sistema Nacional de Inovação Agrícola. In: **Propriedade intelectual e inovações na agricultura** / organizado por Antônio Márcio Buainain, Maria Beatriz Machado Bo-

nacelli, Cássia Isabel Costa Mendes. – Brasília ; Rio de Janeiro : CNPq, FAPERJ, INCT/PPED, IdeiaD ; 2015, p. 135-164.

COCHRANE, W. W. **Farm prices: myth and reality**. Minneapolis: University of Minnesota Press, 1958.

DAVID, P. Clio and the economics of QWERTY. **American Economic Review**, vol. 76, p. 332-7.

DE JANVRY, Alain. A Socioeconomic Model of Induced Innovations for Argentine Agricultural Development. **The Quarterly Journal of Economics**, Vol. 87, No. 3 (Aug., 1973), p. 410-435.

EMBRAPA. **Embrapa em Números**. Embrapa, Secretaria Geral, Gerência de Comunicação e Informação. – Brasília, DF, 2018, p. 24-25.

EMBRAPA. **Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária**.

Disponível em: <https://www.embrapa.br/snpa> Acesso em: 20/06/2019.

FILHO, Hildo; BUAINAIN, Antônio; SILVEIRA, José; VINHOLIS, Marcela. Condicionantes da Adoção de Inovações Tecnológicas na Agricultura. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 28, n. 1, p. 223-255, jan./abr. 2011.

FREEMAN, Christopher; SOETER, Luc. **A economia da inovação industrial**. 3. ed. Campinas: Editora Unicamp, 2008. (Clássicos da inovação).

GEROSKI, P. A. Models of technology diffusion. **Research Policy** Volume 29, Issues 4–5, April 2000, Pages 603-625

GRILICHES, Zvi. Hybrid Corn: An Exploration in the Economics of Technological Change. **Econometrica**, Vol. 25, No. 4 (Oct., 1957), pp. 501-522

GRILICHES, Zvi. Hybrid Corn and the Economics of Innovation. **Science**, Vol 132. 1960, p. 275-280.

GRILICHES, Z. & SCHMOOKLER, J. Inventing and Maximizing. **The American Economic Review**, Vol. 53, No. 4 (Sep., 1963), pp. 725-729

HAYAMI, Yujiro; RUTTAN, Vernon W. **Desenvolvimento agrícola: teoria e experiências internacionais**. Brasília: EMBRAPA, 1988, cap. 2, 3 e 4.

HICKS, J. **The Theory of Wages**. London: Macmillan, 1932, p. 124-125.

KLINE, S. & ROSENBERG, N. An overview of innovation. In: RALPH, L., ROSENBERG, N., **The Positive Sum Strategy: Harnessing Technology for Economic Growth**. National Research Council. Washington, DC: The National Academies Press, 1986.

KUZNETS, S. Innovations and Adjustments in Economic Growth. **Swedish Journal of Economics**, 74, 1972.

MARQUES, P.V.; DE MELLO, P. C.& MARTINES J.G. **Mercados Futuros e de Opções Agropecuárias**. Piracicaba, S.P., Departamento de Economia, Administração e Sociologia da Esalq/USP, Série Didática nº D-129, 2006, p. 10-27.

NELSON, Richard. The Simple Economics of Basic Scientific Research. **Journal of Political Economy** 67, 1959.

NELSON, R; WINTER, S. **Evolutionary Theory of Economic Change**. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1982.

OCDE. **Manual de Oslo: Diretrizes para coleta e interpretação de dados sobre inovação**. 3.ed. Paris: OCDE, 1997.

OLSON, Mancur. **The Rise and Decline of Nations: Economic Growth, Stagflation, and Social Rigidities**. New Haven: Yale University Press, 1982.

PAIVA, R.M; Modernização e Dualismo Tecnológico na Agricultura: Uma Reformulação. **Pesquisa e Planejamento**, Vol 5, Nº 1, 1975.

PAVITT, K. Sectorial patterns of technical change: towards a taxonomy and a theory. **Research Policy**, v. 13, n. 6, 1984, p. 343-73.

ROMEIRO, A. R. **Meio ambiente e dinâmica de inovações na agricultura**. Annablume. FAPESP. São Paulo, 1998, p. 187-208.

ROSENBERG, N. **Por dentro da caixa preta: tecnologia e economia**. Editora da Unicamp. Campinas, SP, 2006, p.19.

RUTTAN, V. Technical Change and Innovation in Agriculture. In: RALPH, L., ROSENBERG, N., **The Positive Sum Strategy: Harnessing Technology for Economic Growth**. National Research Council. Washington, DC: The National Academies Press, 1986.

RUTTAN, V. Induced Innovation, Evolutionary Theory and Path Dependence: Sources of Technical Change. **The Economic Journal**, Vol. 107, No. 444, Sep., 1997, p. 1520-1529

SALTER, W.E. **Productivity and Technical Change**. Cambridge: University Press, 1960, p. 43-44.

SCHMOOKLER, J. Economic Sources of Inventive Activity. **The Journal of Economic History**, Vol. 22, No. 1 (Mar., 1962), p. 1-20

SCHMOOKLER, J. & BROWNLEE, O. Determinants of Inventive Activity. **The American Economic Review**, Vol. 52, No. 2, Papers and Proceedings of the Seventy-Fourth Annual Meeting of the American Economic Association (May, 1962), p.165-176.

SCHULTZ, T. W. **A transformação da Agricultura Tradicional**. Zahar Editores. Rio de Janeiro, 1965.

SILVA, C. **Inovação tecnológica e distribuição de renda: Impacto Distributivo dos ganhos de Produtividade da Agricultura Brasileira**. São Paulo, IEA, 1995. (Coleção de Estudos Agrícolas).

VEIGA, José Eli da. Fundamentos do agro-reformismo. **Lua Nova [online]**. n.23, pp.39-65. ISSN 0102-6445, 1991, p.49-51.

VIEIRA FILHO, José Eustáquio Ribeiro & FISHLOW, Albert. **Agricultura e indústria no Brasil : inovação e competitividade**. Brasília: Ipea, 2017, cap. 2.

7 Apêndices

7.1 Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária

No Brasil, um dos principais expoentes no esforço de promover a pesquisa agrícola é o Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária(SNPA). Este sistema engloba nacionalmente as Organizações Estaduais de Pesquisa Agropecuárias(Oepas), a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária(Embrapa), universidades e institutos de pesquisa de âmbito federal ou estadual e organizações públicas e privadas ligadas a atividade de pesquisa agropecuária.

Conforme consta no sítio eletrônico oficial da Embrapa, o estado vigente do SNPA foi instituído em 1992 pela portaria nº 193 de 7/8/1992 do Ministério da Agricultura, autorizado pela Lei Agrícola(Lei nº 8.171, de 17/1/1991), e tem, dentre diversos outros, objetivos como: i) a formação de um banco de dados com o objetivo de estabelecer um sistema brasileiro de informação agrícola; ii) coordenar o esforço de pesquisa para atender às demandas dos produtores das diversas regiões e iii)assegurar a constante organização e coordenação de seus integrantes.

Como verificado nesses objetivos, o SNPA tenta operar de formar a produzir e oferecer uma contribuição para o acesso gratuito a informações para agricultores e pesquisadores em geral, o que auxilia tanto no processo de adoção, como na pesquisa de potenciais inovadores; tenta, também, diversificar seus centros de produção de pesquisa para atender o objetivo de auxiliar agricultores de diversas regiões do país, assim como construir um fluxo de informação entre as unidades espalhadas.

Dos integrantes do SNPA se destacam os papeis da Embrapa e das Oepas. A Embrapa, conforme dizem Buainain et al(2015), é subordinada ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento(Mapa) e coordena o SNPA conjuntamente com o Conselho Nacional das Organizações Estaduais de Pesquisa Agropecuária(Consepa), enquanto as Organizações Estaduais de Pesquisa Agrícola servem com o proposito de auxiliar no desenvolvimento regional permitindo a cobertura das diversas regiões e ambientes de produção agrícola presentes no país. Para cada tipo de pesquisa, as universidades se focariam em pesquisa básica, a Embrapa na aplicada e as Oepas com o foco nas pesquisas que auxiliem o produtor regional.(Buainain et al., 2015)

Assim como o exemplo das Oepas, a Embrapa possui abrangência por todo território nacional e busca, com isso, gerar, adaptar e transferir tecnologia para as mais diversas regiões. Conforme publicação da própria Embrapa, em 2018, a rede de pesquisa que se espalha pelo Brasil se forma a partir de 42 unidades descentralizadas de pesquisa pertencentes a própria Embrapa e especializadas em atender e solucionar demandas das diferentes culturas produzidas nas regiões que as unidades estão instaladas, conta também com 16 unidades da Oepas, além das universidades, institutos de pesquisas, empresas privadas e fundações.(Embrapa, 2018)

Devido a abrangência nacional do SNPA, a possibilidade de adaptação e transferência de tecnologia se mostra com a potencialidade de auxiliar no processo de difusão de tecnologias. Ao se ter um bom sistema de adaptação e pesquisa local, como será visto em Griliches(1957, 1960), o atraso na disponibilidade da inovação para as diversas regiões que necessitam de adaptação pode ser minimizado e a lucratividade dessas técnicas servirá como incentivo para a adoção e a modernização do campo.

7.2 Plano Safra: 2017-2020

O Governo Federal, no ano de 2017, lançou uma série de políticas voltadas a agricultura familiar, esses programas foram reunidos em um grande pacote nomeado Plano Safra e tinham a validade plurianual entre os anos de 2017 até 2020. Dentro deste pacote existia a preocupação do Governo em oferecer programas de crédito rural, serviços de regulamentação fundiária, serviços de seguros de produção, além de assistência técnica e extensão rural(Ater).(Brasil, 2017).

Para o crédito rural, o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar(Pronaf) vem com a intenção de ofertar crédito subsidiado com o objetivo de financiar tanto o custeio da produção como o da realização de investimentos. Além do serviço de crédito, o Plano Safra vinha com programas que visavam garantir uma renda estável para o produtor familiar em situações adversas de risco. Programas como o *Garantia-Safra*, que oferecia um seguro de R\$850,00 a produtores que sofreram perdas comprovadas de 50% de safra por motivos de seca ou de natureza parecida; *SEAF*, Seguro da Agricultura Familiar, que visa funcionar como um seguro multirrisco que assegura até 80% da renda bruta da lavoura para produtores que so-

fram perdas superiores a 30% e o *Programa de Garantia de Preços para a Agricultura Familiar*(PGPAF), que busca garantir às famílias que buscaram financiamento de custeio ou investimento no Pronaf um desconto no pagamento do financiamento caso o preço de mercado da lavoura diminua, serviriam como um amenizador no risco enfrentado pelos produtores familiares e um incentivo a implementação de novas técnicas.

Atenção também foi dada ao financiamento destinado a compra de imóveis rurais. Com o Programa Nacional de Crédito Fundiário(PNCF), visando atingir principalmente os trabalhadores rurais sem terra ou com pouca terra, o Governo avança em uma tentativa de reduzir a desordem jurídica enfrentada por parte dos pequenos produtores familiares. Além disso, como informado pelo próprio governo, 40% do público que acessa esse programa é jovem e tem até 29 anos, o que, pela relação negativa entre idade e adoção, ajuda no rejuvenescimento da população agrícola e na modernização do campo. Outros programas como o *Terra Legal* e o *Programa de Cadastro de Terra se Regularização Fundiária* buscam ajudar no cadastro e titulação de terras para oferecer maior segurança jurídica ao agricultor, o que auxilia na diminuição do risco e no acesso ao crédito.