MUDANÇA TECNOLÓGICA E VIÉS DE PRODUÇÃO NA AGROPECUÁRIA BRASILEIRA - 1970 a 1985

ROBERTO SERPA DIAS
Economista

Orientador: Prof. Dr. **Carlos José Caetano Bacha**

**Tese apresentada à Escola Superior de
Agricultura “Luiz de Queiroz”,
Universidade de São Paulo, para
obtenção do título de Doutor em
Ciências, Área de Concentração:
Economia Aplicada**

PIRACICABA
Estado de São Paulo
Setembro - 1998

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - Campus "Luiz de Queiroz"/USP

Dias, Roberto Serpa

Mudança tecnológica e viés de produção na agropecuária brasileira - 1970 a 1985 / Roberto Serpa Dias. - - Piracicaba, 1998.

128 p.

Tese (doutorado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1998.
Bibliografia.

1. Agropecuária 2. Economia agrícola 3. Inovação tecnológica 4. Produtividade agrícola I. Título

CDD 338.1

**MUDANÇA TECNOLÓGICA E VIÉS DE PRODUÇÃO NA
AGROPECUÁRIA BRASILEIRA - 1970 a 1985**

ROBERTO SERPA DIAS

Prof. Dr. **Carlos José Caetano Bacha**
Orientador

À minha família

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa, especialmente ao Departamento de Economia, pelo suporte e incentivo para a realização do Curso.

Ao Departamento de Economia e Sociologia Rural (DESR) da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/Universidade de São Paulo (ESALQ/USP), pela oportunidade.

À CAPES, através do Programa Institucional de Capacitação de Docentes e Técnicos (PICDT), pelo apoio financeiro.

Ao Professor Carlos José Caetano Bacha, pela eficiência da orientação e pela segurança transmitida ao longo da elaboração da Tese.

Aos Professores do DESR/ESALQ/USP, pela contribuição em minha formação científica, e em especial a Rodolfo Hoffmann, Joaquim Bento de Souza Ferreira Filho, Geraldo Sant’Ana de Camargo Barros, Paulo Fernando Cidade de Araújo, pelas sugestões no desenvolvimento deste trabalho.

Aos convidados da Banca Examinadora externos à ESALQ/USP, por terem se disponibilizado a participar da avaliação do trabalho.

Ao prof. Geraldo Sant’Ana de Camargo Barros, pelo apoio durante toda minha permanência em Piracicaba.

Aos funcionários do DESR/ESALQ/USP, em especial à Luciane, Maielli, Márcia, Cristiane e Maria Helena, pelo apoio e amizade.

Aos colegas do Curso, pela convivência saudável e solidariedade, em especial aos amigos Patrícia, Piedade, Flávia, Marina, Montoya, Ricardo, Parré e Warly.

E, finalmente, a todas as demais pessoas e instituições que, direta ou indiretamente, colaboraram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS.....	iii
LISTA DE TABELAS.....	iv
RESUMO.....	vi
SUMMARY.....	viii
1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Objetivos.....	6
1.2 Hipóteses.....	7
1.3 Justificativa.....	8
1.4 Divisão do Trabalho.....	8
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	9
2.1 O entendimento clássico do processo de mudança tecnológica na agricultura através da visão de Adam Smith e David Ricardo.....	9
2.2 O pensamento neoclássico sobre o processo de mudança tecnológica.....	10
2.3 Instrumental microeconômico convencional e mudança tecnológica.....	18
3 EVOLUÇÃO DA LITERATURA BRASILEIRA SOBRE MUDANÇA TECNOLÓGICA NA AGROPECUÁRIA.....	25
3.1 Interpretações sobre a difusão da inovação tecnológica.....	26
3.2 Trabalhos sobre mudança tecnológica e substitutibilidade entre fatores de produção.....	28
3.3 Estudos sobre a geração de tecnologia agrícola.....	30
3.4 Avaliação dos efeitos da pesquisa sobre a produtividade agrícola.....	30
3.5 Análises sobre os efeitos distributivos dos resultados da mudança tecnológica na agricultura.....	31
3.6 Considerações sobre os efeitos da mudança tecnológica na composição da pauta de produção agropecuária.....	33
4 METODOLOGIA E FONTE DE DADOS.....	35
4.1 Procedimentos metodológicos para medida de vieses de mudança tecnológica.....	35
4.2 O modelo econométrico.....	38
4.2.1 Procedimentos para o cálculo do viés de produção.....	41
4.2.2 Procedimentos para o cálculo do viés de uso de fatores.....	43
4.2.3 Restrições impostas às equações de custo e parcelas.....	47

4.3 Índices de produto e preço.....	48
4.3.1 Fatores que afetam a produtividade.....	50
4.3.2 Métodos de cálculo da produtividade total.....	51
4.4 Dados da pesquisa.....	55
 5 PROGRESSO TÉCNICO E VIÉSES DE MUDANÇA TECNOLÓGICA NA AGROPECUÁRIA BRASILEIRA: 1970 a 1985.....	60
5.1 Evolução e composição do setor agropecuário brasileiro: 1970 a 1985.....	61
5.2 Estimativas econométricas do viés de mudança tecnológica.....	68
5.3 Comparação dos viéses nas regiões Sul/Sudeste e Norte/Centro-Oeste.....	84
5.4 Taxa de progresso técnico: enfoque dos números índices <i>versus</i> enfoque econométrico.....	93
 6 CONCLUSÕES.....	97
 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	105
 APÊNDICES.....	114

LISTA DE FIGURAS

	Página
1 Representação esquemática das relações entre mudança tecnológica, composição da produção e uso relativo de fatores de produção.....	2
2 Mudança tecnológica viesada no espaço da produção em uma estrutura funcional de custo multiproduto.....	19
3 Diferenças de produtividades no modelo neoclássico.....	50

LISTA DE TABELAS

		Página
1	Taxas anuais reais de crescimento dos valores da produção animal, vegetal, total, e dos preços dos produtos animais e vegetais, por região e país. Brasil, 1970/85.....	62
2	Participação percentual da área com culturas e pastagens na área total explorada, por regiões e país, e grupo de área total. Brasil, 1970 -1985..	64
3	Participação percentual dos valores das produções animal e vegetal no valor da produção total, por estrato de grupo de área total. Brasil, 1970 - 85.....	66
4	Coeficientes do modelo estimado por mínimos quadrados iterativo em 3 estágios. Brasil, 1970 - 85.....	72
5	Equações de parcelas de custo dos fatores. Brasil, 1970 - 85.....	73
6	Elasticidades custo-produção das produções animal e vegetal. Brasil, 1970/85.....	74
7	Valores médios para os componentes das elasticidades-custo das produções animal e vegetal. Brasil, 1970/85.....	75
8	Taxas de crescimento do custo marginal de produção e viéses de produção. Brasil, 1970/85.....	76
9	Elasticidades de demanda de fatores em relação às quantidades de produtos. Brasil, 1970/85.....	80
10	Viéses de mudança tecnológica no espaço dos insumos. Brasil, 1970/85..	82
11	Resultados de R^2 e F para as equações de custo total e de parcelas de custo estimadas por Mínimos Quadrados Ordinários por regiões.....	85
12	Coeficientes do modelo estimado por mínimos quadrados iterativo em 3 estágios. Região Sul/Sudeste, 1970 - 85.....	85
13	Coeficientes do modelo estimado por mínimos quadrados iterativo em 3 estágios. Região Norte/Centro-Oeste, 1970 - 85.....	85

14	Equações de parcelas de custo dos fatores de produção. Região desenvolvida, 1970/85.....	87
15	Equações de parcelas de custo dos fatores de produção. Região de fronteira, 1970/85.....	87
16	Elasticidades custo da produção animal e vegetal nas regiões desenvolvida e de fronteira, 1970/85.....	88
17	Taxas de crescimento do custo marginal das produções animal e vegetal e viéses de produção nas regiões desenvolvida e de fronteira, 1970/85....	90
18	Elasticidades de demanda de fatores com respeito às quantidades de produtos. Regiões desenvolvida e de fronteira. 1970/85.....	91
19	Viéses de mudança tecnológica no espaço dos insumos. Regiões desenvolvida e de fronteira, 1970/85.....	92
20	Taxas anuais de crescimento das produtividades parciais do trabalho, da terra e da produtividade total dos fatores agregados. Brasil, 1970 - 85....	93
21	Taxas anuais de crescimento das produtividades parciais do trabalho, da terra e da produtividade total dos fatores. Brasil, 1968/85.....	95
1A	Índices de quantidades, preços e totais de Paasche, Laspeyres e Törnqvist. Brasil e regiões desenvolvida e de fronteira, 1970/85.....	116
1B	Participação percentual dos valores das produções animal e vegetal no valor da produção total, por estrato de grupo de área total, por região. Brasil, 1970/85.....	117
1C	Dados utilizados no processo de estimação das equações (6) e (7). Brasil, 1970 a 1985.....	119
2C	Dados utilizados no processo de estimação das equações (6) e (7). Região de fronteira, 1970 a 1985.....	121
3C	Dados utilizados no processo de estimação das equações (6) e (7). Região desenvolvida, 1970 a 1985.....	123
1D	Taxas de crescimento do custo médio. Brasil, 1970/85.....	127
2D	Taxas de crescimento do custo médio. Regiões desenvolvida e de fronteira, 1970/85.....	127

MUDANÇA TECNOLÓGICA E VIÉS DE PRODUÇÃO NA AGROPECUÁRIA BRASILEIRA - 1970 a 1985

Autor: ROBERTO SERPA DIAS

Orientador: CARLOS JOSÉ CAETANO BACHA

RESUMO

Este estudo teve como objetivo principal investigar os efeitos da mudança tecnológica - entendida como a inovação que gera redução dos custos, dados os níveis de produto e preços dos fatores - sobre a composição da produção agropecuária e os efeitos desta mudança da pauta agropecuária sobre o uso dos fatores de produção utilizados na agropecuária brasileira entre 1970 e 1985.

A fim de atingir o objetivo acima proposto, estimou-se um sistema de equações composto por uma equação de custo total multiprodutos/multifatores, na forma translogarítmica, e duas equações de parcelas de custo dos fatores de produção da agropecuária brasileira, utilizando dados dos Censos Agropecuários de 1970, 1975, 1980 e 1985.

A partir das estimativas dos coeficientes das funções supra citadas, obteve-se os valores dos vieses de mudança tecnológica na produção e no uso de fatores na agropecuária brasileira.

A análise dos resultados encontrados apontou para a ocorrência de um viés de mudança tecnológica em direção à produção animal durante toda a década de 70 e em direção à produção vegetal no período de 1980/85. Para todo o período em análise (1970/85) o viés de mudança tecnológica foi em direção à produção vegetal. Isto

implicou na ocorrência de vieses de mudança tecnológica, no espaço dos insumos, utilizadores de trabalho e capital e poupadores de terra, na agropecuária brasileira, no período entre 1970/85.

Reconhecendo que esses resultados podem ser distintos entre as regiões do Brasil, estimou-se, também, esses vieses para duas regiões selecionadas do País, a saber: uma região desenvolvida (formada pelos estados das regiões Sul e Sudeste) e uma região de fronteira (composta pelos estados das regiões Norte e Centro-Oeste), estratificadas segundo 3 grupos de área total (pequenos, médios e grandes produtores).

Os resultados apontam, geralmente, para um viés de mudança tecnológica direcionado à produção animal nos estratos pequeno e grande e direcionado à produção vegetal no estrato intermediário na região desenvolvida; e um viés direcionado à produção vegetal, em todos os estratos, na região de fronteira.

Finalmente, procurou-se comparar neste estudo as taxas de progresso tecnológico, para a agricultura brasileira, obtidas através do método econométrico e via enfoque dos números índices. Através do primeiro método, a taxa obtida foi de 4,36% ao ano, enquanto que no segundo método obteve-se uma taxa de 3,92% ao ano, no período compreendido entre 1970 e 1985.

TECHNOLOGICAL CHANGE AND OUTPUT BIAS IN THE BRAZILIAN AGRICULTURE - from 1970 to 1985

Author: ROBERTO SERPA DIAS

Adviser: CARLOS JOSÉ CAETANO BACHA

SUMMARY

This study investigates the effects of the technological change on the Brazilian agricultural output mix from 1970 to 1985, and also investigates how changes in the output composition affected relative factor uses.

The multi-product and multi-input translog (or translog joint) cost function has been utilized. The system of equations is composed by a multiproduct translog cost function and two cost share equations of the factors. The source of data are the Brazilian Agricultural Census in 1970, 1975, 1980 and 1985.

Starting from the estimates of the coefficients of the functions above, it was obtained the values of the output bias of technological change and factor biases on the Brazilian agriculture.

The main findings of the empirical analysis are: technological change biased toward animal production during 70's, and toward vegetable production from 1980 to 1985, and also in the total period of analysis (1970/85). This implied that technological change was biased toward labor-using, capital-using and land-saving technology in the Brazilian agriculture, from 1970 to 1985.

Furthermore, the biases for two selected regions of the country was estimated. The two selected areas are: a developed area (formed by the states of the South and Southeast regions) and a border area (composed by the states of North and Centerwest

regions). In this case, the producers were divided in three categories: small, medium and large producers.

Generally, it has been observed a bias of technological change toward animal production in the small and in the large one cases, and toward vegetable production in the medium category, in the developed region; and toward vegetable production in all three categories, in the border region.

Finally, the progress technological rates obtained through econometric and index numbers methods, for the Brazilian agriculture, were compared. Through the first method, the rate found was 4.36% a year, while in the second method it was obtained a rate of 3.92% a year, from 1970 to 1985.

1 INTRODUÇÃO

O presente estudo procura investigar os efeitos da mudança tecnológica sobre a composição da produção agropecuária e os efeitos que a mudança da pauta de produção agropecuária gera sobre o uso dos fatores de produção utilizados na agropecuária brasileira entre 1970 e 1985.

Para tanto, considera-se os dois principais subsetores da agropecuária (a produção vegetal e a produção animal) e procura-se verificar, empiricamente, os vieses de produção, entre esses subsetores, causados pela mudança tecnológica, no período supra citado, e como esses vieses de produção afetaram o uso de fatores de produção.

Entende-se por viés de produção a alteração da composição da produção (*output mix*) em direção a determinado produto, ou mesmo em direção a um subsetor da economia, mais beneficiado pela mudança tecnológica. Esta última, também denominada mudança técnica, é entendida como a inovação que gera redução dos custos, dados os níveis de produto e preços dos fatores.

O setor agropecuário, do mesmo modo que a economia como um todo, deve responder às questões básicas: **o que produzir**; **como produzir**; e, **para quem produzir**. Na maioria dos estudos relacionados à mudança tecnológica na agricultura, o objetivo preponderante tem sido a análise do efeito da mudança tecnológica sobre a utilização dos fatores de produção e, portanto, enfatiza-se a questão de **como produzir**.

Entretanto, a determinação da direção da mudança tecnológica deve primeiro obedecer à questão sobre **o que produzir**, ou seja, é a partir da definição da composição da produção, dentro de um ambiente¹ previamente estabelecido, que surge a demanda por inovações nos modos de produção.

¹ Esse ambiente sintetiza as aspirações e possibilidades de produção da população.

A causalidade normalmente analisada nos estudos sobre vieses de mudança tecnológica refere-se ao efeito da mudança técnica sobre o uso relativo dos fatores de produção e é representada pela linha única pontilhada na parte inferior da figura 1. A análise desta causalidade por este prisma se deve ao fato de que, neste caso, só se requer a estimação de funções de produção, custo ou lucro de um único produto (*single product functions*).

O nosso estudo pressupõe que, ao contrário do exposto acima, a mudança tecnológica afeta primeiro a composição da produção que, por sua vez, afeta o uso relativo dos fatores de produção. Deve-se notar que, ao longo do tempo, esta relação é biunívoca, ou seja, a mudança tecnológica tanto influencia como é influenciada pela composição da produção, que por sua vez também afeta e é afetada pela disponibilidade de fatores de produção.

Essa idéia pode ser representada, esquematicamente, pela figura 1 abaixo:

Figura 1. Representação esquemática das relações entre mudança tecnológica, composição da produção e uso relativo dos fatores de produção.

Uma relação biunívoca, neste caso, pode implicar a existência de uma temporalidade, ou seja, embora a qualquer tempo as mudanças ocorridas na tecnologia afetem a composição da produção, a cada momento do tempo existe um estoque fixo de conhecimentos disponíveis aos agropecuaristas que, num processo dinâmico, demandam novas inovações junto às instituições geradoras de mudança tecnológica. Porém, em

uma análise de estática comparativa, a causalidade preponderante é a representada pelas linhas contínuas² da figura 1.

Este tipo de análise requer o uso de funções de custo ou lucro multiprodutos (*multiproduct functions*), que ainda não foram objeto de estudo na literatura nacional sobre viéses de mudança tecnológica.

No presente estudo utiliza-se uma função de custo translogarítmica composta de dois produtos (produção animal e produção vegetal) e três insumos (terra, trabalho e capital) para analisar a mudança tecnológica e o viés de produção e de uso de fatores na agropecuária brasileira.

A divisão da produção agropecuária na forma acima descrita deveu-se, principalmente, a dois fatores: a) em geral, a primeira grande divisão utilizada no setor agropecuário é a de que este constitui-se de dois grandes subsetores - agricultura e pecuária - gerando produtos de origem vegetal e animal, respectivamente; b) durante o período analisado nesse estudo, a concessão de crédito rural, que foi um dos principais instrumentos de estímulo à expansão da agropecuária, foi centralizada na produção agrícola, beneficiando relativamente mais este subsetor. Segundo Goldin & Rezende (1993, p.24), as principais culturas de exportação receberam cerca de metade do crédito total, enquanto cerca de 80% de todo o crédito foi alocado em apenas seis culturas (soja, trigo, arroz, milho, café e cana-de-açúcar). Porém, deve-se destacar que, a partir dessa divisão, aqui adotada, outras subdivisões podem ser feitas para analisar viéses de mudança tecnológica.

O principal aspecto de uma mudança tecnológica é seu impacto sobre a produtividade dos fatores de produção, fato que só passou a assumir a devida importância nos estudos econômicos a partir dos anos 50, quando a observação da economia americana mostrou que, a despeito do rápido aumento da relação capital-trabalho, as participações de ambos os fatores no produto haviam permanecido constantes. Como mostra Albuquerque (1986), este fato, que a princípio pareceu um paradoxo para os economistas, passou a requerer uma clara compreensão da teoria econômica por trás do conceito de mudança tecnológica.

² Esta causalidade está implícita no modelo econométrico proposto no item 4.2 do capítulo 4.

A evolução da compreensão deste fenômeno tem apontado para o estudo de seus impactos sobre a composição da produção e as eventuais alterações geradas na proporção de uso dos fatores e em suas participações relativas no valor da produção.

No Brasil, como mostram Mueller & Martine (1997), apesar da adoção de tecnologias agropecuárias impactantes da produtividade ter iniciado em menor escala há muito tempo (anos 60), ela ocorreu de forma espacialmente localizada (basicamente em São Paulo) e seletiva em termos de produtos. A ampliação do esforço de criação e de difusão de tecnologias agropecuárias, no intuito de modernizar essas atividades, só se efetivou nos idos dos anos 70, especialmente no Centro-Sul e mais recentemente na região dos cerrados.

Segundo Melo (1985), historicamente, o crescimento da área cultivada tem sido a mais importante fonte de crescimento do produto agropecuário brasileiro, respondendo por 83% do crescimento desse produto nos anos 40, por 72% nos anos 50 e por 65% nos anos 60.

Porém, a partir dos anos 70, a despeito de continuar havendo incorporação de novas áreas à atividade agropecuária, um novo componente - a melhoria da produtividade - começou a se generalizar em várias regiões do País.

A partir do final dos anos 70, principalmente via adaptação e desenvolvimento de inovações da chamada *Revolução Verde*, o processo de modernização da agropecuária se efetiva, gerando impactos na composição da produção e, conseqüentemente, no uso dos fatores necessários para obtê-la.

Como mostram Barros & Manoel (1992), a partir de meados da década de 60 até 1980, a agropecuária brasileira sofreu transformações importantes, cresceu a taxas expressivas e alterou suas fontes de crescimento, visto que a elevação das produtividades da terra e do trabalho passou a fazer parte da dinâmica do setor. Em adição, alterou-se o *mix* da produção, sendo o aparecimento da soja um dos exemplos, e mudou-se a localização geográfica da produção, com a incorporação dos cerrados.

Essa mudança de direção (viés) na composição da produção agropecuária - gerada pela mudança tecnológica, que, por sua vez, provoca mudanças na utilização dos fatores de produção - constitui-se na principal preocupação deste estudo.

Vários estudos têm produzido estimativas empíricas de viés de uso de fatores de produção gerados pela mudança tecnológica. Entretanto, como foi dito acima, eles têm omitido a investigação dos impactos de mudanças na composição da produção sobre o viés de uso de fatores, pois seus modelos analíticos empregam funções de produção, de custo ou de lucro para **um único produto** (ou funções uniproduto ou agregadas).

A contribuição do presente estudo consiste na introdução de uma **estrutura multiproduto** para medir os impactos da composição da produção sobre o viés de uso de fatores, constituindo-se, portanto, em uma contribuição tanto de natureza empírica quanto metodológica.

A transformação na composição da produção agropecuária brasileira nas últimas décadas, à luz de seu processo de modernização, não ocorreu de maneira uniforme ou neutra. Esta transformação foi possibilitada, em grande parte, por uma estratégia de política agrícola que utilizou-se do crédito rural subsidiado para a aquisição de insumos modernos, aliado a um processo intenso de substituição de importações, tanto na área mecânica, quanto na área química.

Segundo Araújo et al. (1989), através do programa de crédito rural - no período de 1970 a 1987 - associado com assistência técnica, os fazendeiros puderam ser treinados no uso de insumos modernos e, conseqüentemente, puderam aumentar sua capacidade empresarial. Porém, a distribuição do crédito rural, neste período, foi concentrada por tamanho do produtor, região ou lavouras, visto que, até 1980, 80% dos fazendeiros brasileiros não tinham usado crédito oriundo de alguma fonte formal ou informal.

Como ressalta Alves (1993), as regiões mais próximas dos mercados e de melhor infra-estrutura foram escolhidas para serem beneficiadas pelo crédito rural subsidiado e, dentro delas, os agricultores de melhor capacidade. Em outras palavras, a política de crédito rural beneficiou os grandes e médios produtores, deixando de lado os pequenos, os analfabetos, os de títulos duvidosos de posse da terra, os afastados da infra-estrutura urbana e aqueles que viviam em áreas sujeitas a riscos climáticos elevados.

A partir do início dos anos 80, o subsídio ao crédito rural foi sendo gradativamente eliminado. Porém, como mostram Goldin & Resende (1993), a redução

do viés da política pública, em prol da indústria e contra a agropecuária, nessa década, aliada à melhoria na política de preços mínimos permitiram que a produção agropecuária alcançasse níveis excepcionais. Na década de 90 esse crescimento da produção agropecuária continuou. Este crescimento mais recente foi devido, em grande parte, ao crescimento da produtividade, o que explica, por sua vez, o aumento da participação da agropecuária no PIB brasileiro a partir do final da década de 80 (Bacha & Rocha, 1998). Assim, apesar do processo de crise enfrentado pela economia brasileira, nos anos 80 e início dos 90, a agropecuária apresentou-se como um setor estabilizador e amortecedor desse processo.

Como a política de modernização da agropecuária brasileira, no período de 1970 a 1985, privilegiou os grandes e médios produtores, pretende-se neste estudo - além da análise do viés de produção na agropecuária brasileira como um todo (a partir de dados a nível de Estados da Federação) - realizar a análise em nível de estrato de produtores. Para tanto, estratifica-se os produtores em pequenos, médios e grandes - em duas regiões selecionadas do País, uma caracterizada por ser de fronteira e a outra por ser desenvolvida - para verificar, também, se os impactos da mudança tecnológica foram significativamente diferentes entre os estratos de produtores. A escolha destas duas regiões baseia-se na expectativa de que os vieses de produção apresentem resultados distintos em regiões com diferentes características.

1.1 OBJETIVOS

O **objetivo geral** do estudo é investigar os efeitos da mudança tecnológica sobre a composição da produção agropecuária e os efeitos desta mudança da pauta agropecuária sobre o uso dos fatores de produção utilizados na agropecuária brasileira entre 1970 e 1985.

Os objetivos específicos são:

- a) Medir o viés de produto entre os subsetores produção vegetal e produção animal e os efeitos escala das mudanças no *mix* de produto na direção e magnitude dos usos relativos dos fatores de produção no período acima citado.
- b) Medir empiricamente o viés de produção entre os subsetores supra citados em duas regiões selecionadas do País, a saber: a região de fronteira, composta pelos Estados das regiões Norte e Centro-Oeste; e, a região mais desenvolvida, composta pelos Estados das regiões Sudeste e Sul. Para tanto, estratifica-se seus produtores em pequenos, médios e grandes para verificar se os impactos da mudança tecnológica foram significativamente diferentes entre os estratos.
- c) Comparar o valor da taxa de progresso técnico da agropecuária brasileira calculado através do enfoque econométrico com a taxa encontrada através do enfoque dos números índices.

1.2 HIPÓTESES

Com relação ao viés de produção entre os subsetores produção vegetal e produção animal não se levantará nenhuma hipótese apriorística, pois cada subsetor considerado engloba internamente tanto um ramo “moderno” quanto um “tradicional”. Contudo, deve-se esperar um certo viés em direção ao subsetor que possuir maior elasticidade de demanda por sua produção agregada, dado que, *coeteris paribus*, uma demanda relativamente mais elástica tende a permitir maior apropriação dos benefícios de uma inovação tecnológica.

Com relação às regiões selecionadas espera-se, *a priori*, verificar a existência de um viés de produção direcionado ao subsetor produção vegetal nos estratos de menor área e à produção animal nos de maior área, tanto na região de fronteira agrícola como na região mais desenvolvida. Esta expectativa se baseia na própria natureza e exigências das referidas atividades, principalmente quanto ao uso do fator terra.

1.3 JUSTIFICATIVA

A justificativa para nosso estudo encontra-se no fato de que medidas de vieses de produção gerados por mudança tecnológica constituem-se em importantes informações, principalmente para os formuladores e estudiosos de políticas agrícolas. Tais informações podem ser empregadas na resolução de problemas relacionados com desemprego estrutural, políticas de subsídios à produção (ou ao uso de determinados insumos) e distribuição de renda entre fatores de produção.

1.4 DIVISÃO DO TRABALHO

Além desta introdução, o presente trabalho se compõe de mais cinco capítulos. O capítulo 2 apresenta o referencial teórico do estudo. O capítulo 3 procura traçar a evolução da literatura brasileira sobre mudança tecnológica na agropecuária, destacando a ausência de trabalhos econométricos sobre medida de viés de produção. O capítulo 4 expõe a metodologia utilizada, definindo as equações a serem estimadas para a mensuração do viés de produção, e comenta sobre as fontes dos dados necessários à análise em questão. O capítulo 5 apresenta os resultados obtidos da estimação do modelo translog de custo e os valores calculados dos vieses de produção. E no capítulo 6 são colocadas as conclusões do trabalho.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo, procura-se apresentar uma breve exposição sobre a evolução do pensamento econômico pertinente à inovação técnica direcionada ao processo de desenvolvimento da agricultura. Partindo da visão sobre o tema por parte dos principais expoentes das escolas clássica e neoclássica, pretende-se chegar aos modelos mais utilizados atualmente, além de desenvolver o modelo a ser adotado neste estudo.

Antes disso, porém, é necessário ressaltar que os autores clássicos e os neoclássicos, bem como a maioria dos autores brasileiros, não se preocuparam em distinguir agricultura de agropecuária, utilizando, na maioria das vezes, o termo agricultura para abranger os subsetores agrícola e pecuário. Assim, nos itens 2.1 e 2.2, a seguir, usar-se-á o termo agricultura nessa visão mais ampla.

2.1 O entendimento clássico do processo de mudança tecnológica na agricultura através da visão de Adam Smith e David Ricardo

A busca do entendimento do processo de desenvolvimento/crescimento das nações constitui-se em uma das mais instigantes e árduas tarefas da Ciência Econômica.

Explicar a natureza da riqueza ou da pobreza das nações preocupa os economistas desde Adam Smith, cuja obra principal representa o marco do nascimento da Economia como ciência. Muitos dos componentes para o entendimento desse processo foram apontados pelos autores clássicos, entre eles, a divisão do trabalho, a acumulação de capital, as vantagens do livre comércio, a lei dos rendimentos decrescentes e o progresso tecnológico.

Porém, a importância da mudança tecnológica no processo de crescimento da produtividade agrícola, para esses autores, não assume um papel central em suas formulações.

Como mostram Silva (1982) e Silva (1992), o entendimento dos clássicos sobre o comportamento da agricultura foi influenciado pelas idéias pessimistas de Ricardo e Malthus a respeito da lei dos rendimentos decrescentes e da taxa de crescimento geométrica da população, respectivamente.

Para Smith, a divisão do trabalho - principal fonte do processo de aumento da produtividade - nunca poderia ocorrer na agricultura do mesmo modo que nas manufaturas, pela própria natureza da atividade agrícola³.

Para Ricardo, até mesmo as possibilidades de crescimento da economia estariam, em boa parte, limitadas pela impossibilidade do progresso técnico gerar impactos significativos na produtividade da agricultura, pois a ausência desses impactos comprometeria a taxa de lucro necessária para viabilizar a acumulação de capital - variável chave no processo de crescimento. Para ele, a crescente necessidade de cultivar terras de qualidade inferior, para abastecer uma população crescente, acabaria por limitar o aumento da produção agrícola.

O pensamento clássico, portanto, não creditava ao progresso técnico na agricultura a capacidade de assegurar o abastecimento de uma população em expansão. Ademais, os autores clássicos, em suas análises, consideraram a mudança tecnológica apenas como geradora de impactos (crescimento) na produção, sem cogitar sobre seus efeitos na composição da produção.

2.2 O pensamento neoclássico sobre o processo de mudança tecnológica

Foi Joseph Alois Schumpeter⁴ quem, no início do século XX, primeiro elaborou uma teoria do desenvolvimento econômico que destacava a inovação tecnológica como

³ A natureza da agricultura não comportaria tantas subdivisões do trabalho, nem uma diferenciação tão grande de uma atividade para outra, como ocorre nas manufaturas. Isto é, as etapas necessárias à produção de um bem agrícola não permitiriam um nível de especialização compatível ao atingido pelo setor manufatureiro.

fator determinante do crescimento e da dinâmica dos sistemas capitalistas. A questão central a que se dedicou Schumpeter foi explicar o processo de desenvolvimento econômico a partir da teoria do equilíbrio geral de Walras.

Segundo Napoleoni (1979), a teoria de Walras deixa em aberto uma questão essencial, qual seja, a do desenvolvimento econômico, pois supõe que a técnica produtiva e as preferências dos consumidores são imutáveis. Em tais condições, o sistema não pode deixar de evoluir para um estado estacionário, no qual o produto per-capita é constante, sendo que o produto total cresce como consequência do eventual aumento na quantidade de trabalho.

Para Schumpeter, a ruptura deste mundo estacionário e também o início de um processo de desenvolvimento ocorrem no âmbito da produção, em consequência de eventos que modificam, às vezes profundamente, os velhos sistemas produtivos. Sua análise, como a dos clássicos, coloca em destaque o dinamismo da oferta na explicação do crescimento econômico. A novidade surge na figura do empresário inovador e no papel do crédito bancário neste processo.

O empresário inovador descobre novas maneiras de expandir a produção e de reduzir os custos. Bens já conhecidos e com menores preços, assim como os novos produtos, encontrarão sempre uma demanda adicional. As empresas dinâmicas, impulsionadas por empresários ousados, criam demanda ao aumentarem a produção e os gastos com insumos, máquinas, equipamentos e com pessoal produtivo e administrativo. Geram-se efeitos de encadeamento para frente e para trás no processo produtivo, assim como efeitos multiplicadores sobre o emprego e a renda.

O desenvolvimento, sendo impulsionado pelo progresso técnico, não se apresenta uniforme no tempo, mas alternam-se períodos de prosperidade e de depressão. Schumpeter concede uma atenção especial ao papel do crédito na realização do investimento. Para ele, a poupança não limita o investimento. Esse último fica determinado pela existência de projetos rentáveis, pelo estoque de conhecimentos e pela

⁴ A classificação de Schumpeter como neoclássico se deve ao fato de sua análise adotar como ponto de partida a análise walrasiana e dos agentes econômicos se comportarem segundo os postulados da teoria neoclássica.

disponibilidade de homens dispostos a tornarem-se empresários. De posse de um pacote de inovações, o empresário elabora o projeto e negocia o crédito junto ao sistema bancário. O desenvolvimento apresenta-se intimamente ligado ao conhecimento tecnológico, à existência de instituições eficientes e ao espírito capitalista dos negócios.⁵

Deve-se notar que Schumpeter - além de colocar a inovação tecnológica como fator determinante tanto do crescimento quanto dos ciclos econômicos - expande a análise clássica do tema, ao considerar que a mudança tecnológica, além de impactar a produção, gera vieses de produto, pois leva ao maior incremento na produção daqueles bens que sofreram inovação.

A teoria neoclássica, apesar de ter surgido no último quartel do século XIX, só passou a conferir maior atenção à importância do progresso tecnológico na década de 50 do presente século, quando foram lançados os alicerces da moderna teoria do crescimento econômico, através dos trabalhos de Robert Solow⁶ (1957) e Griliches (1957).

Esses modelos descrevem uma economia em concorrência perfeita, em que a produção cresce em resposta a maiores quantidades utilizadas de capital e de mão-de-obra. Além disso, supõe-se que a economia obedece à lei dos rendimentos decrescentes. Juntas, essas pressuposições do chamado modelo neoclássico de crescimento implicam que, à medida que o estoque de capital aumenta, o crescimento diminui seu ritmo e com o tempo cessa. Para continuar a crescer, a economia precisa beneficiar-se de injeções contínuas de progresso tecnológico. Contudo, essa é uma força que o próprio modelo não tenta explicar. O progresso tecnológico é considerado exógeno, ou seja, provém de fora do modelo.

No âmbito específico da agricultura, o trabalho de Griliches (1964) destaca o papel fundamental da educação e dos gastos públicos em pesquisa agrônômica e extensão no aumento da produtividade agrícola americana, através da obtenção de elevadas taxas

⁵ Ver Schumpeter (1982) e Souza (1993).

⁶ Solow (1957), analisando os dados da economia americana de 1909 a 1949, concluiu que aproximadamente 87,5% do crescimento do produto por trabalhador não era explicado nem pela formação de capital, nem pelo aumento da mão-de-obra e sim por um resíduo, interpretado como oriundo da mudança tecnológica. Esta foi a primeira avaliação quantitativa da importância desse fenômeno.

de retorno. O reconhecimento da contribuição da pesquisa agrônômica para o crescimento da produção e produtividade agrícolas realçou a relevância da mesma na geração de novas técnicas produtivas.

Uma vez surgida, para ter efeito na economia, a inovação tecnológica precisa ser adotada pelos produtores, e é aqui que o lado da demanda, no mercado de tecnologia, desempenha um importante papel na produtividade agrícola.

A partir da pesquisa seminal de Grilliches (1957) sobre a adoção de variedades de milho híbrido, muitos estudos têm se dedicado a explicar a adoção de tecnologia e a mudança tecnológica na agricultura, através da introdução de um grande número de outras variáveis, tais como: capital humano e educação (Grilliches, 1964; Schultz, 1975, entre outros); extensão agrícola (Grilliches, 1964; Evenson & Kislev, 1975); infraestrutura de transportes e comunicação (Antle, 1984b); e, risco (Feder, 1982).

Ainda no que se refere ao campo de interesse da agricultura, é importante ressaltar os trabalhos de Lewis (1969), Ranis & Fei (1961) e Jorgenson (1975), que destacam a relevância da questão tecnológica no processo de desenvolvimento agrícola e global.

Os trabalhos de Lewis e de Ranis & Fei são considerados modelos dualistas clássicos, em contraposição com o modelo de Jorgenson, que é considerado dualista neoclássico. Uma economia dualista implica na coexistência de um setor avançado ou moderno e de um setor atrasado ou tradicional. Os dois métodos de abordagem alternativos diferem, fundamentalmente, quanto à tecnologia do setor agrícola e às condições referentes à oferta de mão-de-obra⁷. Enquanto nos modelos clássicos pressupõe-se que exista uma oferta ilimitada de mão-de-obra no setor agrícola, isto é, a produtividade marginal do trabalho é zero; no modelo neoclássico pressupõe-se que esta produtividade seja positiva. Nesses modelos, o desenvolvimento do setor agrícola é condição necessária para o desenvolvimento da economia.

⁷ No modelo de Ranis & Fei o setor de subsistência forma um “fundo salarial” para a expansão do setor industrial pela transferência de mão-de-obra e excedente de produção devido à existência de subemprego e desemprego disfarçados, salário institucional e insumos fixos de terra. Jorgenson não considera salário institucional (há um mercado intersetorial de mão-de-obra) e a criação de excedentes agrícolas depende da taxa de progresso técnico na agricultura, taxa de crescimento populacional e da elasticidade trabalho da oferta agrícola.

Pode-se notar que a preocupação central dos autores citados no parágrafo anterior, assim como a dos clássicos, se concentra no impacto que a mudança tecnológica exerce sobre o produto, sem relevar seu impacto gerador de mudanças na composição da produção.

A utilização de tecnologia no processo de produção agrícola resulta da oferta e demanda por inovações tecnológicas que reduzam os custos de produção. Embora algumas mudanças tecnológicas sejam resultado de descobertas científicas independentes, a maioria das pesquisas teóricas e empíricas tem procurado explicar a mudança tecnológica como resposta a mudanças nos preços relativos. Em Teoria dos Salários, Hicks (1963) sugeriu que as inovações tecnológicas são o resultado de uma mudança nos preços relativos dos fatores e se refere a elas como inovações induzidas. Desde o tempo de Hicks, uma considerável literatura teórica sobre inovação induzida tem surgido.⁸

No século XX, nas economias capitalistas mais desenvolvidas, a oferta de tecnologia agrícola tem sido suprida tanto por instituições públicas, como as universidades, como pela iniciativa privada. Schultz (1964) argumentou que as economias de escala na produção de novas tecnologias agrícolas, especialmente em termos de pesquisa básica, e as externalidades sociais positivas associadas com tais pesquisas justificavam o subsídio público aos investimentos em pesquisa agrícola. Este arrazoado é confirmado por estudos que encontraram que a taxa de retorno dos investimentos em pesquisa agrícola tem sido superior às taxas de retorno de mercado (Schuh & Tollini, 1979). Não obstante, a validade de tais resultados foi questionada por Antle & Capalbo (1988), para quem, se a demanda e a oferta de investimentos do setor público é uma função da produtividade agrícola, então eles não são exógenos para a produção e a causalidade entre eles e a produtividade é bidirecional. Sob o cenário descrito por Antle & Capalbo, as medidas estáticas de produtividade dos investimentos poderiam ser viesadas.

A importância do setor público na pesquisa e desenvolvimento agrícola cria problemas para a teoria hickisiana da inovação induzida baseada apenas na resposta inovativa das firmas privadas aos preços relativos. Não obstante, Hayami & Ruttan

⁸ Ver Binswanger (1978).

(1988) argumentaram que a teoria da inovação induzida de Hicks poderia ser generalizada tanto para o setor privado quanto para o setor público.

Um avanço em relação às teorias até então existentes veio com os modelos de Hayami & Ruttan (1988) e de De Janvry (1978), que representam tentativas de incorporar as mudanças tecnológicas e as mudanças nas instituições como variáveis endógenas ao sistema econômico. Para estes autores, a mudança técnica representa uma resposta dinâmica às mudanças na disponibilidade de recursos e ao crescimento da demanda.

No modelo de Hayami & Ruttan, as tecnologias podem ser desenvolvidas de modo a facilitar a substituição de fatores relativamente escassos (portanto, dispendiosos) por fatores relativamente abundantes (e, portanto, baratos) na economia. Considera-se que, em geral, na agricultura podem-se desenvolver dois tipos de tecnologia, a mecânica (ou poupadora de mão-de-obra) e a biológica e química (ou poupadora de terra). As restrições impostas sobre o desenvolvimento agrícola por uma oferta inelástica de terra podem ser contrabalançadas por avanços na tecnologia bioquímica, e as restrições impostas por uma oferta inelástica de mão-de-obra podem ser superadas por progressos na tecnologia mecânica (Hayami & Ruttan, 1988).

A hipótese do modelo desses autores é que a mudança técnica é dirigida, ao longo de uma trajetória eficiente, por sinais de preços de mercado, desde que esses reflitam eficientemente mudanças na demanda e na oferta de produtos e fatores, e que haja interação efetiva entre produtores rurais, instituições públicas de pesquisa e empresas agrícolas. Neste modelo a causalidade ocorre linearmente no sentido da mudança técnica para a institucional. Este é o primeiro ponto de discordância entre o modelo de Hayami & Ruttan e o de De Janvry.

Para De Janvry, a causação nem sempre é dessa natureza, pois ela pode ocorrer em sentido oposto ou com os dois tipos interagindo, sendo que esta interação não pode ser reduzida a um fenômeno puramente de mercado, mas também a fenômenos de natureza social.

O modelo de inovação tecnológica induzida de Alain De Janvry considera a oferta e a demanda de tecnologia agrícola como um bem público, dentro de um processo

de causação circular, no qual a estrutura sócio-econômica, a estrutura político-burocrática e a organização das instituições produtoras do bem público desempenham papéis explícitos e fundamentais⁹. O ponto central do modelo localiza-se numa matriz de retornos esperados que representa os ganhos ou perdas líquidos esperados por diferentes grupos de interesse, a partir de possíveis inovações alternativas.

A produção de um bem público qualquer na economia favorece em graus diferentes a distintos grupos sociais. Uma demanda latente pelo bem público é derivada da matriz de retornos esperados por estes grupos, segundo o que cada um ganharia com o bem público.

A demanda latente é transformada em demanda efetiva por um processo de filtragem através da estrutura político-burocrática. O fato de um determinado grupo social ter a sua demanda latente transformada em demanda efetiva por um bem público depende do funcionamento do sistema político-burocrático e do poder relativo de pressão do grupo em pauta sobre este sistema.

Então, a demanda efetiva é transformada em oferta efetiva, via instituições produtoras do bem público. O efeito da oferta efetiva sobre os componentes da estrutura sócio-econômica resulta em retornos efetivos para cada grupo social.

Observa-se que tanto no modelo de Hayami & Ruttan como no de De Janvry destaca-se o papel da mudança tecnológica como impactante do uso relativo dos fatores, sem haver maiores considerações sobre a alteração no *mix* de produto.

Sedimentada a idéia da essencialidade do progresso técnico para o desenvolvimento econômico e, em particular, para o desenvolvimento agrícola, a partir dos anos 70, como ressalta Melo (1982), maior atenção começou a ser dada, na literatura, aos efeitos distributivos do processo de mudança tecnológica.

Segundo Silva (1992), os aspectos distributivos da inovação tecnológica foram abordados, basicamente, através de duas perspectivas. Na primeira delas, a ênfase se concentra na relação entre a inovação tecnológica e a participação dos fatores na formação da renda agrícola, isto é, na forma pela qual a nova tecnologia afeta a utilização e remuneração dos fatores de produção envolvidos no processo. Na outra perspectiva,

⁹ Ver Monteiro (1985).

que privilegia o mercado de produto, procura-se examinar a distribuição dos ganhos sociais da inovação entre consumidores, produtores, serviços de comercialização e produtores de insumos não-agrícolas, através, principalmente, dos conceitos de excedentes do produtor e do consumidor.

No primeiro caso, citado no parágrafo anterior, deve-se determinar se a inovação é viesada ou tendenciosa no sentido de poupar um ou outro fator. Isto porque, considera-se que o efeito de uma mudança tecnológica consiste em obter a mesma quantidade de produto obtida anteriormente, mas com uma combinação com menor quantidade de fatores de produção ou, alternativamente, produzir um nível de produto maior que o obtido anteriormente com a mesma combinação inicial de fatores. A desvantagem da utilização da segunda definição de mudança técnica refere-se ao fato de que a antiga combinação de fatores pode não se adaptar à nova tecnologia. O exemplo clássico é o de uma semente melhorada que exige uma quantidade maior de fertilizante, que a utilizada anteriormente, para se tornar produtiva.

Pode-se evitar esse problema definindo a mudança tecnológica como sendo a inovação que gera redução proporcional nos custos de produção, quando as técnicas antiga e nova operam em seu nível ótimo e os preços dos fatores de produção não se alteram. Isto implica em redução dos custos para um mesmo volume de produto e de preços dos fatores.

Nesse contexto, o viés de mudança tecnológica na agricultura exerce efeitos importantes tanto nesse setor como na atividade econômica em geral. Por exemplo, a mudança técnica poupadora de trabalho permite maior migração de força de trabalho rural para o meio urbano, podendo acarretar desemprego na economia se os setores industrial e de serviços não forem capazes de absorvê-la.

Um outro efeito importante da mudança tecnológica é o de alterar a composição da produção - *output mix* - isto é, o viés de produção gerado pela inovação. Esse efeito pode ocorrer tanto entre produtos de um mesmo subsetor, como entre subsetores. Como visto acima, pouca ênfase teórica foi dada a este aspecto. Além disso, a carência de instrumental econométrico de análise, na forma de funções multiproduto, não permitiu maiores incursões empíricas nesse campo. Não obstante, a introdução destas funções, a

partir de meados da década de 80, como a apresentada a seguir, permite ampliar tal investigação.

2.3 Instrumental microeconômico convencional e mudança tecnológica

A palavra viés significa tendenciosidade, isto é, viés significa tendência favorável ou contrária a determinada coisa.

No contexto do presente estudo, a palavra viés relaciona-se à análise do processo de mudança tecnológica na agropecuária brasileira, isto é, procura-se determinar se o processo de modernização desse setor apresentou tendenciosidade favorável ou contrária à produção de determinado(s) bem(s) e/ou ao uso de determinado(s) insumo(s).

Considerando o espaço dos insumos, por exemplo, em um processo de produção, a mudança tecnológica pode afetar diferentemente as produtividades dos fatores e, conseqüentemente, a sua utilização. Esta observação conduz à distinção entre mudança tecnológica neutra e viesada, cuja definição original é atribuída a Hicks.

Segundo Hicks (1963), em um processo de produção que considera dois grupos de fatores - trabalho e capital - pode-se classificar as invenções de acordo com seus efeitos iniciais em aumentar, manter inalterada, ou reduzir a razão entre os produtos marginais do capital e do trabalho. Essas invenções são chamadas de poupadoras de trabalho, neutras, ou poupadoras de capital, respectivamente. No primeiro e no terceiro casos a mudança tecnológica é dita viesada, pois apresenta tendência favorável/contrária ao uso de determinado fator. No caso da mudança tecnológica neutra, ela é dita não-viesada ou não-tendenciosa e pode ser definida como invariante ao longo do caminho de expansão.

Considerando o espaço dos bens, a mudança tecnológica pode ser viesada ou neutra, caso altere ou não o caminho de expansão inicial. Isto é, caso apresente tendência favorável ou contrária à produção de determinado bem (ou grupo de bens), a mudança tecnológica é dita viesada. Porém, se ela favorece igualmente a produção de todos os bens, a mudança tecnológica é classificada como neutra.

Além da mudança tecnológica, outros fatores como as políticas governamentais direcionadas ao setor agropecuário (preços mínimos, crédito rural, programas especiais, entre outras) e as mudanças institucionais (legislação sobre uso de recursos, por exemplo) podem gerar vieses na produção e/ou no uso dos fatores. Isto se verifica via alterações nos preços relativos dos produtos e/ou dos fatores, que afetam a lucratividade das atividades por eles contempladas.

A consequência dos vieses sobre a composição da produção e o uso relativo dos fatores manifesta-se, principalmente, através de alterações na combinação dos bens produzidos e na distribuição de renda entre os fatores de produção.

A teoria microeconômica convencional permite visualizar o viés de produção através da escolha ótima de produção. Considere a figura 2. A curva de possibilidades de produção (ou curva de transformação) inicial é T_1T_1 , e a curva de isoreceita é representada por P_1P_1 . O caminho de expansão inicial é $e(t_1)$, e a firma está produzindo no ponto E_1 .

Figura 2 - Mudança tecnológica viesada no espaço da produção em uma estrutura funcional de custo multiproduto.

Fonte: Kuroda (1988).

A mudança técnica gera uma nova curva de transformação (T_2T_2) e, mantidos constantes os preços, um novo caminho de expansão - $e(t_2)$ - é gerado. A nova curva de possibilidade de produção passa pelo ponto E_1 .

Considere que B_{ij}^Q mesure a mudança no valor absoluto da inclinação da linha de isoreceita de P_1P_1 (que é tangente a T_1T_1) para P_2P_2 , que é tangente a T_2T_2 , no ponto E_1 . A reta P_2P_2 reflete a nova relação de preços entre produtos, dada pela nova tecnologia, mantida constante a combinação inicial de produção, e refletindo um menor preço relativo para o bem mais beneficiado pela inovação, neste caso, o bem j .

Logo, B_{ij}^Q será igual a zero se e somente se a mudança tecnológica for Hicks neutra, e nesse caso o caminho de expansão permanecerá inalterado. Por outro lado, se B_{ij}^Q for diferente de zero a mudança técnica será viesada.

Portanto, a mudança técnica no espaço dos produtos pode ser definida como viesada em direção ao produto j (ou contra o produto i) se $B_{ij}^Q > 0$, neutra se $B_{ij}^Q = 0$ ou viesada em direção ao produto i se $B_{ij}^Q < 0$.

Coeteris paribus, B_{ij}^Q detecta o movimento do caminho de expansão em direção ao aumento da produção de um bem - e conseqüente redução da produção do outro bem - que foi mais beneficiado pela mudança tecnológica, de tal forma que, ao multiplicar esse valor por 100, obtém-se a medida percentual do deslocamento que a mudança tecnológica provoca nesse caminho de expansão, mantidos os preços constantes. Alternativamente, isto se reflete pela mudança de inclinação da linha de isoreceita, quando a combinação inicial dos bens é mantida.

Considerando que o setor agropecuário é composto de subsetores como agricultura, pecuária, silvicultura, etc, pode-se identificar e mensurar vieses de produção tanto dentro de um subsetor, como a agricultura (onde a mudança técnica pode ser viesada em relação aos produtos exportáveis em detrimento dos produtos domésticos), ou entre os próprios subsetores (onde o processo de modernização pode ser viesado para a agricultura ou para a silvicultura, por exemplo, em detrimento dos demais subsetores).

Os anos 60 e começo dos 70 evidenciaram que a discussão sobre a teoria da produção se moveu do enfoque neoclássico tradicional, baseado na função de produção e no cálculo diferencial, para o enfoque moderno, baseado na análise dos conjuntos de tecnologia através da teoria matemática dos conjuntos convexos. O enfoque moderno permitiu que as relações de dualidade entre tecnologia da produção e funções de custo, receita e lucro pudessem ser derivadas de maneira rigorosa e elegante (Antle, 1984a). Como enfatizou Diewert (1974), a teoria da dualidade têm duas aplicações práticas principais em economia. A primeira é que a teoria da dualidade permite derivar os sistemas de equações de demanda e oferta que são consistentes com o comportamento maximizador ou minimizador por parte de um agente econômico simplesmente pela diferenciação de uma função (custo, receita ou lucro). Este resultado é devido às propriedades derivativas das funções custo, receita e lucro e são conhecidas como os lemas de Shephard e Hotelling. A segunda aplicação é que a teoria da dualidade permite derivar, com menor esforço, o teorema da estática comparativa originalmente deduzido do comportamento maximizador.

A definição neoclássica de uma tecnologia de produção é baseada na função de produção, que é definida como a máxima produção obtível de um conjunto específico de insumos. Mais especificamente, a função de produção uniproduto ou agregada $F(\mathbf{x})$, onde $\mathbf{x}$ é um vetor de insumos, é definida como uma função positiva duplamente diferenciável com as propriedades de monotonicidade e concavidade. Na porção economicamente relevante da superfície de produção definida por esta função (onde a firma maximizadora de lucro operaria), a função de produção é estritamente côncava, com produtos marginais positivos e uma taxa marginal de substituição técnica não crescente. Destas propriedades e da pressuposição de maximização de lucro ou minimização de custo, o comportamento econômico da firma pode ser deduzido em termos de suas funções de oferta de produtos e de demanda de fatores. As propriedades da função de produção combinadas com a hipótese de comportamento da firma (maximização de lucro ou minimização de custo) determinam as propriedades destas funções.

Como mostram Antle & Capalbo (1988), três dificuldades básicas são encontradas para atender o enfoque neoclássico ou primal na análise do comportamento da firma: 1^a) geralmente não é possível a solução de forma fechada das condições de primeira ordem de maximização de lucro ou minimização de custo para as funções oferta e demanda da firma. Isto é, dado um sistema de condições de primeira ordem onde o valor da produtividade marginal de cada fator deve ser igual a seu preço ($p \nabla_x F[\mathbf{x}] - w = 0$, onde p é o preço do produto; $\nabla_x F[\mathbf{x}]$ é a produtividade marginal do fator; e w é o preço do fator), uma solução de forma fechada para a demanda de insumos existe se e somente se existir uma função demanda de insumos $\mathbf{x}^* = \mathbf{x}^*(p, w)$, onde $\mathbf{x}^*$ é a demanda de insumos de mínimo custo ou de máximo lucro, tal que $p \nabla_x F(\mathbf{x}^*) - w = 0$; 2^a) mesmo se as funções oferta e demanda acima citadas puderem ser solucionadas, é difícil derivar os resultados de estática comparativa, pois as propriedades das funções oferta e demanda precisam ser derivadas das propriedades da função de produção; e, 3^a) a representação da função de produção para uma tecnologia multiproduto é inconveniente para propósitos analíticos e empíricos.

O enfoque moderno da teoria da produção é baseado nas propriedades matemáticas dos conjuntos convexos e na suposição de comportamento maximizador ou minimizador do agente econômico. O conjunto de possibilidades de produção, por seu lado, define o conjunto de produtos produzíveis, o qual é limitado acima pela fronteira de possibilidades de produção, e o conjunto de requerimento de insumos, por outro, está limitado abaixo pela isoquanta. O enfoque moderno contorna as dificuldades inerentes ao enfoque neoclássico tradicional pelo estabelecimento de correspondências entre as propriedades do conjunto de possibilidades de produção e as funções duais (custo, receita ou lucro da firma). Devido às propriedades derivativas das funções duais, expressões para as funções oferta e demanda podem ser obtidas de uma variedade de formas funcionais. Além disso, em virtude da convexidade e das propriedades derivativas das funções duais, as propriedades de estática comparativas das funções oferta e demanda são prontamente estabelecidas. As versões multiproduto das funções custo, receita e lucro são generalizações diretas de suas contra-partidas uniproduto.

Pode-se, então, definir a seguinte função custo multiproduto¹⁰:

$$C = G (Q_i, P_l, t) \quad (1)$$

onde, C é o custo total mínimo; Q_i , $i = 1, \dots, n$, são as quantidades produzidas de produtos; P_l , com $l = 1, \dots, m$, são os preços dos insumos; e t é o tempo, tomado como um índice de mudança tecnológica.

Para a estimação econométrica, a seguinte forma Hicks não-neutra e insumo produto não separável (ver Kuroda, 1988, p.665) é empregada para (1):

$$\begin{aligned} \ln C = & \alpha_0 + \sum_{i=1}^n \alpha_i \ln Q_i + \sum_{l=1}^m \beta_l \ln P_l + \varepsilon_t \ln t + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \gamma_{ij} \ln Q_i \ln Q_j + \frac{1}{2} \sum_{l=1}^m \sum_{r=1}^m \delta_{lr} \ln P_l \ln P_r + \\ & + \sum_{i=1}^n \sum_{l=1}^m \rho_{il} \ln Q_i \ln P_l + \sum_{i=1}^n \mu_{it} \ln Q_i \ln t + \sum_{l=1}^m \nu_{lt} \ln P_l \ln t + \frac{1}{2} \varepsilon_{tt} (\ln t)^2 \end{aligned} \quad (2)$$

onde, $\gamma_{ij} = \gamma_{ji}$ e $\delta_{lr} = \delta_{rl}$; $i, j = 1, \dots, n$; e $l, r = 1, \dots, m$.

Assumindo que os produtores são tomadores de preços e usando o lema de Shephard, as equações de parcela de custo são derivadas como:

$$S_l = \frac{\partial \ln C}{\partial \ln P_l} = \frac{\partial C}{\partial P_l} \cdot \frac{P_l}{C} = \beta_l + \sum_{r=1}^m \delta_{lr} \ln P_r + \sum_{i=1}^n \rho_{il} \ln Q_i + \nu_{lt} \ln t \quad (3)$$

onde $l, r = 1, \dots, m$; $i = 1, \dots, n$; e $S_l = P_l X_l / C$

O objetivo principal do estudo é alcançado pela introdução de uma medida de viés de mudança tecnológica na produção, desenvolvida por Antle e Capalbo (1988), e utilizada por Kuroda (1988). Para uma função de custo translog de dois produtos, uma medida de viés de produção - B_{ij}^Q - foi construída para detectar o movimento do caminho de expansão no espaço da produção. Ela é definida como:

¹⁰ Ver Chambers (1988, p.213).

$$\begin{aligned}
 B_{ij}^Q &\equiv \frac{\partial}{\partial t} \ln \frac{\frac{\partial C}{\partial Q_i}}{\frac{\partial C}{\partial Q_j}} \\
 &= \frac{\partial \ln CMg_i}{\partial t} - \frac{\partial \ln CMg_j}{\partial t} \\
 &= G(CMg_i) - G(CMg_j), \text{ onde}
 \end{aligned} \tag{4}$$

CMg = custo marginal

G(.) = taxa de crescimento

B_{ij}^Q mede a rotação da curva de possibilidades de produção causada pela mudança técnica (que coincide com a mudança da inclinação da isoreceita no ponto de combinação ótima de produtos).

No que se refere ao Brasil (como se verá no próximo capítulo), poucos estudos foram realizados para analisar o viés de produto dentro de um subsetor e nenhum para analisar o viés de produto entre subsetores. Além disso, em nenhum dos estudos realizados para analisar o viés de produção dentro de um subsetor utilizou-se de procedimento econométrico. O importante trabalho de Melo (1985), por exemplo, analisou o viés de produto na agricultura brasileira através de análise tabular.

Os procedimentos econométricos empregados para medir, empiricamente, vieses de uso de fatores na agropecuária brasileira utilizaram-se de funções de produção ou de custo para um único produto agregado. Para obter viés de produção torna-se necessário considerar que a produção agropecuária constitui-se de pelo menos dois tipos distintos de produtos.

Existem três enfoques mais comumente usados para a obtenção de medidas de viés de produção, são eles: funções de produção, de custo ou de lucro.

Para analisar a agropecuária brasileira, o enfoque da função de custo multiproduto apresenta as seguintes vantagens: a) ele produz estimativas diretas de várias elasticidades parciais de substituição de Allen e vieses de mudança técnica; e, b) permite o uso da teoria da dualidade sem impor restrições aos retornos à escala na tecnologia subjacente.

3 EVOLUÇÃO DA LITERATURA BRASILEIRA SOBRE MUDANÇA TECNOLÓGICA NA AGROPECUÁRIA

Este capítulo apresenta um breve resumo dos temas abordados na vasta e significativa literatura nacional sobre mudança tecnológica, ressaltando os trabalhos empíricos que aplicam os arcabouços teóricos discutidos no capítulo anterior e evidenciando a não existência de trabalhos econométricos que usem função custo multiproduto para medir viés de produção.

Como já foi dito no capítulo anterior, a maioria dos autores brasileiros não se preocupa em distinguir agricultura e agropecuária, usando esses termos como sinônimos. Assim, nesse capítulo, procura-se utilizar os termos originais dos trabalhos a serem comentados, de modo que o termo agricultura se refere a todo o setor agropecuário, a não ser que se faça um esclarecimento adicional.

O marco da aceleração do processo de modernização da agricultura brasileira data de meados dos anos 60. Até esta época, as características peculiares do país (abundância de terra e mão-de-obra) aliadas à vigente política de substituição de importações - considerada discriminatória contra a agricultura, por adotar uma política cambial e tarifária desfavorável à agricultura e por adotar uma política de tecnologia industrial poupadora de trabalho - apontavam para a coerência entre a não modernização do setor agrícola e a teoria da inovação induzida de Hayami & Ruttan, pois o incremento da produção poderia ser provido através da expansão da área agricultável e de uma maior utilização da mão-de-obra disponível.

A partir do início dos anos 70, diversos autores - como Nicholls (1972); Schuh (1972); Alves & Pastore (1977); Barros, Pastore & Rizzieri (1976), dentre outros - passam a difundir a idéia da necessidade de aumentar a produtividade concomitantemente

à expansão da fronteira agrícola, de modo a fazer crescer a oferta agrícola compativelmente às exigências da demanda.

A estratégia de modernização preconizada se processaria via “revolução tecnológica da agricultura”, através da utilização de insumos modernos - sementes melhoradas, fertilizantes, defensivos, máquinas e equipamentos agrícolas, etc - e da criação de instrumentos capazes de atuar na difusão do estoque de conhecimentos acumulados tanto no país quanto no exterior (estes adaptados às condições locais). Além disso, esta estratégia deveria assegurar as condições para um crescimento auto-sustentado da produtividade do setor no médio e longo prazos.

Diante deste contexto, a literatura nacional sobre mudança tecnológica e modernização agrícola ganhou especial relevância a partir da década de 70. Pode-se destacar nessa literatura os seguintes temas: interpretações sobre a difusão da inovação tecnológica, trabalhos sobre mudança tecnológica e substitutibilidade entre fatores de produção, estudos sobre geração de tecnologia agrícola, avaliações dos efeitos da pesquisa sobre a produtividade agrícola, análises sobre os efeitos distributivos dos resultados da mudança tecnológica na agricultura, e considerações sobre os efeitos da mudança técnica na composição da pauta de produção agropecuária.

3.1 Interpretações sobre a difusão da inovação tecnológica

Um interessante debate ocorreu, na primeira metade da década de 70, acerca da difusão da inovação tecnológica, envolvendo as idéias do mecanismo de autocontrole, desenvolvido por Paiva (1971,1973), *versus* a modernização induzida.

Segundo Paiva (1971,1973), as técnicas modernas só seriam adotadas pelo agricultor quando oferecessem vantagem econômica suficiente para compensar os custos subjetivos de transferência¹¹.

¹¹ Os custos subjetivos incluiriam as vantagens (hábitos e costumes) que o agricultor julga perder quando rompe com a estrutura tradicional, as dificuldades em obter conhecimentos técnicos adequados e todos os recursos necessários à prática moderna.

A difusão das técnicas modernas entre os agricultores dependeria da possibilidade dos demais setores (não-agrícolas) absorverem a produção agrícola crescente e a mão-de-obra rural excedente. Isto poderia se processar, sem maiores problemas, durante um certo período de tempo. Porém, assim que a disseminação da técnica moderna alcançasse um grande número de agricultores sua consequência lógica seria o excesso de produção, a falta de mercado e a queda de preço.

A queda nos preços dos produtos agrícolas implicaria numa diminuição da razão entre os preços do produto e os preços dos fatores modernos, reduzindo as vantagens dos processos modernos de produção em relação aos tradicionais. Esse seria, segundo Paiva, o mecanismo de autocontrole da expansão da técnica moderna e implicaria existência de dois segmentos na agricultura: o moderno e o tradicional.

Para Paiva, uma vez atingido o grau adequado de modernização¹² a agricultura perderia o seu papel dinâmico e passaria a agir como setor induzido, apenas reagindo ao aumento de produção e à melhoria tecnológica determinadas pelo setor não-agrícola.

Os artigos de Paiva, supra citados, a respeito do dualismo tecnológico na agricultura de países subdesenvolvidos, provocaram comentários e críticas de, entre outros, Nicholls (1973), Schuh (1973), Ryff (1976) e Pastore & Barros (1976).

De todo o debate surgido, os autores acima citados destacam as seguintes contribuições de Paiva: a) o fato de ter demonstrado que num país em desenvolvimento a coexistência dos setores tradicional e moderno na agricultura é normal e que a importância relativa dos dois setores varia segundo o estágio de desenvolvimento do país, onde o setor moderno só assume liderança quando a economia nacional evolui para a plena maturidade (ver Nicholls, 1973); b) reconhecer as dificuldades do setor não agrícola na absorção da mão-de-obra como impedimento potencial à modernização da agricultura (ver Schuh, 1973); c) o modelo de Paiva complementa, de forma bastante efetiva, o de Hayami & Ruttan, visto que, este último é incompleto como modelo de mudança tecnológica induzida por endogeneizar a tecnologia apenas na dimensão

¹² O grau adequado de modernização seria aquele capaz de manter em equilíbrio os seguintes elementos: a percentagem da população residente no setor rural, a capacidade de consumo no setor não-agrícola e as possibilidades de exportação. Ou seja, representaria aquele ponto além do qual haveria desemprego estrutural na economia devido a um excesso de modernização agrícola.

recursos-recursos. Isto é, o modelo da inovação induzida é muito útil para explicar a direção tomada pela mudança técnica no seu papel de economizadora de recursos, no entanto, pouco dizendo sobre até que ponto os agricultores a adotarão (ver Schuh, 1973).

Quanto às críticas ao mecanismo de autocontrole, destacam-se: a) que apenas em uma economia fechada ao exterior se justificaria a expectativa de uma demanda por produtos agrícolas acentuadamente inelástica, situação em que a possibilidade de se modernizar a agricultura ficaria totalmente dependente do padrão de desenvolvimento urbano (ver Pastore & Barros, 1976); b) que independentemente do estágio de desenvolvimento em que se encontra a economia, os aumentos de produtividade obtidos no setor agrícola podem dar um novo impulso ao crescimento do setor industrial (ver Ryff, 1976)¹³; c) que a agricultura brasileira, longe de ter alcançado o grau adequado de modernização, precisa elevar substancialmente sua produtividade para que a economia como um todo possa crescer a taxas satisfatórias (ver Ryff, 1976).

3.2 Trabalhos sobre mudança tecnológica e substitutibilidade entre fatores de produção

A partir do final dos anos 70, vários modelos econométricos foram desenvolvidos para analisar o impacto da mudança tecnológica na demanda por fatores de produção - e os vieses por ela gerados na utilização dos mesmos - além de medir as possibilidades de substituição (elasticidades) entre os fatores de produção na agropecuária ou em um de seus subsetores (agrícola e pecuário).

Estes modelos consistem de **funções de produção CES** (usadas por Seixas Neto & Pena, 1978) e **Cobb-Douglas** (usadas por Campos, Lemos & Silva, 1988; Brandt, Wong & Moro, 1988), de **funções de custo translog** (usadas por Dias, 1982; Santos, 1986; Albuquerque, 1985; e, Reis & Teixeira, 1995), ou de **funções de lucro translog**,

¹³ Segundo Ryff o progresso tecnológico é um importante fator no processo de crescimento agrícola, e que, em condições próximas das do Brasil, uma expansão de 10% do setor agrícola é capaz de aumentar em cerca de 12% a demanda para os demais setores.

como a usada por Reis (1992), sendo que as duas últimas funções se utilizam das relações de dualidade para a obtenção de parâmetros de produção.

Os trabalhos de Seixas Neto & Pena (1978) e de Brandt, Wong & Moro (1988) se referem à agricultura paulista e apresentam resultados contrastantes. Enquanto os primeiros classificaram a tecnologia como utilizadora de capital ou poupadora de mão-de-obra, os últimos a classificaram como utilizadora de trabalho.

Os trabalhos de Dias (1982) e Santos (1986) referem-se à agricultura brasileira. Enquanto o primeiro procura estimar as elasticidades de substituição entre os fatores de produção, o segundo procura testar a hipótese de Hayami & Ruttam acerca da mudança tecnológica. Os resultados obtidos por Santos (1986) sugerem que a mudança técnica na agricultura brasileira, a partir de 1975, vem se processando na direção de poupar o uso de fatores abundantes (terra e trabalho) e utilizar fatores escassos (máquinas e fertilizantes), corroborando os resultados encontrados por Seixas Neto & Pena.

Já Albuquerque (1985) e Reis (1992) concentram suas análises na atividade pecuária brasileira.

Albuquerque (1985) utiliza uma função translog na forma fator-aumentativa para estimar a mudança tecnológica na pecuária leiteira, da região paulista de São José do Rio Pardo. Segundo ele, as mudanças tecnológicas ocorridas entre 1962 e 1980 foram “Hicks-enviesadas” no sentido de pouparem mão-de-obra e utilizarem alimentos comerciais. Porém, ocorreram efeitos de escala perversos a taxas superiores às da mudança tecnológica, acarretando como efeito final a presença de retrocesso tecnológico na atividade, neste período.

Reis (1992) - através de uma função de lucro translog multiproduto (leite e carne) e multifator (terra, capital, trabalho, alimentação e outros custos), onde são estimadas equações de parcelas de lucro - procurou analisar o efeito da intervenção governamental no mercado de leite sobre a estrutura produtiva da atividade na Zona da Mata de Minas Gerais. Neste estudo de caso, o autor procurou traçar o perfil tecnológico e econômico da pecuária leiteira no Estado e determinar as relações de substituição ou complementariedade entre os fatores de produção. Suas principais conclusões foram que a política governamental de controle de preços do leite, ao fixar preços internos inferiores

aos praticados no mercado mundial entre o final dos anos 70 e ao longo da década de 80, provocou um processo de descapitalização da atividade que impossibilitou aos pecuaristas recompor totalmente seu capital fixo; e que uma maior competitividade da produção nacional dependeria, além da liberalização dos mercados doméstico e internacional, da retirada dos subsídios à produção e à exportação de leite no mercado mundial.

O trabalho de Reis foi precursor na utilização de uma estrutura multiproduto e multifator para analisar um subsetor da agropecuária brasileira. Porém, os vieses de produção não foram objeto de enfoque neste estudo.

3.3 Estudos sobre a geração de tecnologia agrícola

A partir dos anos 80, passam a surgir no País trabalhos preocupados com a geração de tecnologia agrícola, onde destacam-se os trabalhos de Monteiro (1985); Zagatto (1991); e Silva, Vicente & Caser (1993).

Enquanto nos dois primeiros trabalhos há uma preocupação em demonstrar que a geração de tecnologia se vincula ao poder de pressão dos diferentes grupos de produtores (fenômeno social, como preconizado por De Janvry, ao invés de fenômeno de mercado, como preconizam Hayami & Ruttan); no terceiro, a preocupação central consiste em, uma vez gerada uma tecnologia, testar a possibilidade de sua transferência entre diferentes regiões (caráter locacional, sem qualquer consideração de grupos sociais).

3.4 Avaliação dos efeitos da pesquisa sobre a produtividade agrícola

De maneira análoga à linha de pesquisa introduzida por Grilliches e citada no capítulo anterior, o trabalho de Silva (1982) procura avaliar a evolução da produtividade agrícola em São Paulo e a contribuição da pesquisa e da extensão rural para os ganhos mensurados. Para analisar as relações entre a produtividade e o trabalho de pesquisa e extensão, ele parte da concepção de que a produtividade é função da tecnologia, do solo,

do clima e das condições do tempo; onde a tecnologia é definida como uma função, envolvendo uma estrutura de defasagens, do estoque de conhecimentos gerados localmente, do estoque de conhecimentos transferidos de outras regiões ou países, e do esforço de difusão.

O trabalho de Silva (1982) realiza-se tanto a nível agregado para o estado de São Paulo, quanto a nível de culturas específicas e constata elevado crescimento da produtividade agregada ao longo do período analisado -1956 a 1980 - e verifica, também, que tais ganhos de produtividade estariam diretamente relacionados aos investimentos públicos em pesquisa financiados pelo governo paulista. Porém, o trabalho de Silva (1982) não consegue captar o efeito da extensão rural.

Com respeito às culturas específicas, mostra que, em geral, o sucesso ou insucesso em conseguir ganhos de rendimento relaciona-se diretamente ao esforço de pesquisa dirigido a cada produto, onde os resultados mais favoráveis ocorrem para os produtos exportáveis e hortaliças e frutas (produtos domésticos) e os desfavoráveis para os alimentos básicos.

O autor deixa como recomendação ao governo reforçar a pesquisa sobre produtos alimentares para beneficiar os consumidores de mais baixa renda.

3.5 Análises sobre os efeitos distributivos dos resultados da mudança tecnológica na agricultura

No que concerne aos efeitos distributivos da inovação tecnológica, duas linhas de pesquisas merecem ser ressaltadas. Na primeira, seguida por Hoffmann & Kassouf (1989), procura-se avaliar as relações entre modernização da agricultura, renda média, desigualdade da distribuição da renda e a pobreza absoluta. Na segunda, procura-se explorar os efeitos da inovação entre os agentes econômicos. Nesse contexto destacam-se os trabalhos de Melo (1982) e Silva (1992).

Hoffmann & Kassouf (1989) analisaram as relações entre modernização da agricultura brasileira e a renda média, a desigualdade e a pobreza absoluta das pessoas de famílias cujo chefe possuía atividade principal na agropecuária. A partir de um conjunto

de indicadores de modernização da agricultura, selecionou-se, através de análise fatorial via método dos componentes principais, os três fatores responsáveis pela maior parte da variância total das variáveis incluídas no modelo. Os resultados obtidos indicaram que a modernização mostrou-se positivamente associada ao rendimento médio e à desigualdade, porém com predominância do primeiro efeito; e negativamente associada ao nível de pobreza absoluta nas microrregiões homogêneas analisadas.

O trabalho de Melo (1982) teve como objetivo investigar possíveis efeitos distributivos de um certo padrão de inovações tecnológicas em uma economia caracterizada como semi-aberta às transações internacionais. Isto é, assumiu-se a existência de uma agricultura composta por dois subsetores, o de exportáveis e o de produtos domésticos, cuja distinção baseou-se no tipo de funcionamento de cada mercado, ou seja, se ele era aberto ou fechado às transações internacionais e suas implicações em termos de preços recebidos pelos produtores e pagos pelos consumidores¹⁴.

Melo pretendeu mostrar que um padrão de inovações tecnológicas concentrado em culturas de exportação pode prejudicar o crescimento das culturas domésticas (de mercado interno), alterar os preços relativos de alimentos domésticos/exportáveis e, em consequência, trazer implicações distributivas desfavoráveis aos consumidores de diferentes classes de renda.

Silva (1992) procurou explorar o aspecto da não distribuição equitativa dos benefícios da inovação tecnológica entre os consumidores de diferentes estratos de renda. O objetivo central de seu estudo foi testar a hipótese de que as inovações tecnológicas na agricultura brasileira não foram neutras, no que se refere à distribuição de seus ganhos entre os agentes econômicos afetados por sua adoção.

A análise dos aspectos distributivos de Silva (1992) baseou-se nos conceitos de excedente do produtor e excedente do consumidor, onde o valor das elasticidades-preço da oferta e da demanda determinam a parcela dos benefícios da inovação que cabe a cada um dos agentes considerados. Os resultados obtidos levaram o autor a concluir que as

¹⁴ O estudo das inovações tecnológicas na cultura da soja no Brasil e suas implicações alocativas e distributivas recebeu atenção especial.

inovações tecnológicas na agricultura brasileira, em particular nos alimentos, tiveram um considerável impacto distributivo em favor dos consumidores e, entre eles, os mais pobres, em geral, foram os mais beneficiados.

3.6 Considerações sobre os efeitos da mudança tecnológica na composição da pauta de produção agropecuária

Mais proximamente à preocupação central do presente estudo, as mudanças na composição da produção foram analisadas por Melo (1985) em sua avaliação dos resultados da política agrícola brasileira do período de 1979/84, quando o Governo Federal definiu como meta prioritária o desenvolvimento do setor agrícola dentro da estratégia de desenvolvimento econômico.

Através, principalmente, de análises tabulares de taxas de crescimento de produção, área plantada, rendimento, preços, etc, o autor mostrou que, no que concerne à produção de alimentos domésticos (arroz, feijão, milho, mandioca e batata) essa priorização não se verificou. Porém, quanto à produção agrícola para fins energéticos (cana-de-açúcar) e produtos agrícolas exportáveis (soja, principalmente) os resultados foram positivos.

A discrepância verificada nas análises dos três subsetores originou-se, segundo o autor, de um quadro de desequilíbrio tecnológico entre culturas, isto é, de um ritmo maior de inovações técnicas, ao longo do tempo, para as culturas de exportação do que para as culturas alimentares de mercado interno, com sérias consequências alocativas e distributivas.

Desse modo, ocorreram mudanças na composição da produção com tendência favorável aos exportáveis e em detrimento dos produtos doméstico-alimentares.

Segundo Melo (1985), a implicação dessa linha de raciocínio é que o processo de inovações tecnológicas não uniforme entre culturas tem condições de alterar um sistema de produção agrícola, no sentido de modificar a composição da área cultivada, como resultado das alterações que ocorrem na rentabilidade das opções disponíveis aos agricultores. Assim, recursos, inclusive terra, seriam deslocados das atividades não ou

relativamente menos contempladas, para aquelas mais favorecidas pelas inovações tecnológicas, durante o período de difusão dos novos conhecimentos. Uma importante condição para que isso se verifique é uma elevada elasticidade-preço da demanda pelo produto, condição geralmente satisfeita pelos produtos de exportação.

Para ele, a continuidade de um processo desequilibrado de geração e adoção de novas tecnologias, tudo o mais constante, causaria mudanças na composição de área cultivada e, conseqüentemente, do produto agrícola. Além disso, as próprias políticas governamentais, tais como a de preços mínimos e a de crédito rural, poderiam causar mudanças no uso dos recursos entre culturas, além de certos programas especiais, particularmente no caso do Proálcool com a cana-de-açúcar.

Os trabalhos supra citados enfatizam a importância da mudança tecnológica na alteração do uso relativo dos fatores ou da composição da produção agrícola, porém, em nenhum deles, a mudança no *mix* de produto e seus efeitos sobre o uso dos fatores foi medida através de procedimento econométrico. Este é, exatamente, o objetivo geral deste trabalho.

4 METODOLOGIA E FONTE DE DADOS

Este capítulo compõe-se de quatro partes. Na primeira parte expõe-se os procedimentos metodológicos referentes à medida de viéses de mudança tecnológica adotados na literatura internacional, partindo da pesquisa seminal de Binswanger. Na segunda parte apresenta-se o modelo econométrico a ser estimado no presente estudo. Na terceira parte comenta-se uma forma alternativa de medida de mudança tecnológica. E, finalmente, a quarta parte descreve os dados utilizados na pesquisa.

4.1 Procedimentos metodológicos para medida de viéses de mudança tecnológica

A mudança tecnológica refere-se a mudanças no processo de produção que ocorrem devido à aplicação de conhecimento científico. Essas mudanças no processo de produção podem ser realizadas de várias maneiras ao nível da firma (Antle & Capalbo, 1988): a) através de melhoria nos métodos de utilização dos recursos existentes, tal que uma maior taxa de produção por unidade de insumo é obtida, e que é geralmente definida como uma mudança tecnológica desincorporada dos insumos; b) através de mudanças na qualidade dos insumos, definida como uma mudança tecnológica incorporada aos insumos; ou c) através da introdução de novos processos e novos insumos. Contudo, qualquer que seja a mudança no processo de produção, ela deve se refletir na redução do custo de produção, dados os níveis de produto e preços dos insumos.

Se ocorre mudança tecnológica desincorporada dos insumos em um processo de produção, ela pode ser modelada em termos de um deslocamento na superfície de produção. Mesmo neste caso simples, difíceis problemas de medição são encontrados. Por exemplo, a medida da taxa de mudança tecnológica desincorporada depende,

geralmente, do ponto no espaço dos insumos (plano cartesiano onde representa-se nos eixos as quantidades de insumos) no qual ela será medida. Porém, normalmente, uma nova tecnologia é eficiente a diferentes níveis e intensidades de fatores da anterior, e vice-versa.

A mudança tecnológica incorporada aos insumos introduz outros problemas de mensuração, tais como medir as mudanças de qualidade dos produtos e dos fatores. Na literatura econômica, esse problema tem sido, frequentemente, discutido em termos de capital físico (Christensen & Jorgenson, 1969; Diewert, 1980). Entretanto, ele é claramente um problema de ordem mais geral, como é ilustrado pelas mudanças de qualidade ocorridas nos insumos químicos, sementes e trabalho humano na produção agrícola.

Se ocorre mudança tecnológica através da introdução de novos processos e insumos, então o conjunto de possibilidades de produção é tanto multiproduto como multifator. Em alguns aspectos é mais simples utilizar a função dual de custo ou lucro para representar a tecnologia multiproduto e para definir mudança tecnológica. Os efeitos da mudança tecnológica são expressos em termos de uma redução no custo de produção (dados produção e preços dos fatores) ou aumento nos lucros (dados preços dos produtos e dos insumos).

Entretanto, medidas duais de mudança tecnológica também envolvem certas dificuldades. Quando a mudança tecnológica envolve a adoção de novos insumos ou produtos, por exemplo, as firmas podem observar soluções de *corner*, onde alguns insumos não são usados ou alguns produtos não são produzidos. A teoria da dualidade convencional assume soluções interiores e, portanto, não são apropriadas para análises de tais situações sem as modificações necessárias (Lee & Pitt, 1986). Desde que as funções custo e lucro são baseadas na suposição de comportamento maximizador, elas fornecem informações sobre mudança tecnológica aos níveis ótimos de produto e insumos da firma.

As medidas duais podem diferir das medidas primais devido ao efeito escala introduzido como ajustamento ótimo das firmas em resposta à mudança tecnológica. Estes efeitos escala precisam ser considerados se medidas primal e dual da taxa e viés de mudança tecnológica são comparadas. Além disso, as firmas cometem sistematicamente

erros de maximização, e esses erros são introduzidos na medida da taxa ou viés de mudança tecnológica (Antle & Capalbo, 1988).

A análise dos trabalhos desenvolvidos, na literatura internacional, relacionados à utilização de formas funcionais flexíveis na mensuração de vieses de mudança tecnológica mostra que, em sua grande maioria, as mudanças no processo de produção são tratadas através da consideração da mudança tecnológica como desincorporada dos insumos.

Nos estudos anteriores aos trabalhos precursores de Binswanger (1974a; 1974b), os vieses de mudança tecnológica eram medidos através de modelos de apenas dois fatores, que se utilizavam de funções de valores adicionados. A grande contribuição de Binswanger consistiu na generalização desse procedimento para modelos multifatores. Além desta, outra importante contribuição foi a descrição das vantagens da utilização de funções duais ao invés da função de produção para estimar parâmetros de produção.

Em ambos os trabalhos supra citados, Binswanger utilizou uma função de custo translog para analisar a agricultura americana, entre 1949 e 1964.

Ray (1982) também utilizou a função de custo translog como uma estrutura adequada para analisar a agricultura americana, no período de 1939 a 1977. Sua contribuição consistiu na introdução do contexto de multiproduto.

O questionamento quanto a utilização de funções de custo como representativas da estrutura da agricultura americana surgiu com o trabalho de Weaver (1983). Em sua principal crítica a seus antecessores, Weaver defende a idéia de que os agricultores americanos agem de forma a maximizar lucros esperados e não minimizar custos de produção. Ele utilizou-se de uma função translog de lucro esperado consistente com multiprodutos para medir o viés de mudança tecnológica.

Dentro desta mesma perspectiva encontram-se os trabalhos de Antle (1984a) e de Lee & Chambers (1986), que utilizaram funções lucro translog na análise da agricultura americana. Diferentemente de Weaver (1983), Lee & Chambers desenvolveram uma teoria de maximização de lucros que considera o efeito da restrição de gastos (restrição do montante disponível aos fazendeiros para gastos com os insumos variáveis) ao invés da hipótese de maximização de lucros sem restrição.

No caso específico do presente estudo, cujo objetivo geral é medir vieses de produção e de uso de fatores, a polêmica em torno da utilização da estrutura de custo ou da de lucro como melhor representativa do comportamento econômico dos produtores agrícolas parece carecer de maior sentido, à luz da teoria da dualidade, dado que ela estabelece que, uma vez especificada uma função seja de custo ou de lucro válida, isto implica que existe uma função de produção igualmente válida. Isto significa, por exemplo, que é possível estudar as características das funções de produção e de custo a partir da função lucro, e vice-versa.

Kuroda (1988), diferentemente dos estudos supra mencionados, que mediram vieses de uso de fatores causados por mudança técnica, procurou explicar a rápida mudança na composição da produção (*output mix*) na agricultura do Japão do pós-guerra. Seu estudo testou a hipótese de que a mudança tecnológica na agricultura japonesa do pós-guerra foi viesada em direção à produção de gado. Para tanto, foi utilizada uma função translog de custo multiproduto, estimada para o período de 1958 a 1984. Os resultados obtidos foram consistentes com a hipótese.

Além disso, as mudanças na composição da produção de grãos e gado no Japão geraram impactos significativos no uso relativo dos fatores. Acima de tudo, a expansão da criação de gado demandou relativamente menos trabalho que a expansão da produção de grãos, implicando em uma contribuição positiva para o rápido êxodo da força de trabalho para os setores não agrícolas.

O trabalho de Kuroda (1988) é a principal referência para a metodologia adotada no presente estudo.

4.2 O modelo econométrico

Para a estimação do viés de produção gerado pela mudança tecnológica consideram-se, neste estudo, apenas dois subsetores: produção vegetal e produção animal. Como já ressaltado no capítulo introdutório, essa é a primeira grande divisão da agropecuária. Além disso, restringir a análise a dois subsetores é condição necessária

dado o grande número de parâmetros a serem estimados¹⁵. Assim sendo, a função custo multiproduto passa a ser:

$$C = G (Q_A, Q_V, P_L, P_T, P_K, t) \quad (5)$$

onde C é o custo total mínimo; Q_A e Q_V são as quantidades produzidas pelos subsetores produção animal e produção vegetal, respectivamente; P_L , P_T e P_K são os preços unitários dos fatores trabalho (L), terra (T), e capital (K), respectivamente; e, t é o tempo como um índice de mudança tecnológica.

Para definir o tipo da função $G(\cdot)$, pode-se considerar, entre outras alternativas, as funções do tipo Cobb-Douglas, Elasticidades de Substituição Constantes (CES) e as translogarítmicas.

A utilização de funções do tipo Cobb-Douglas, desenvolvida em 1928, têm a virtude da simplicidade, qualidade que a tornou amplamente empregada até os dias atuais. Porém, esta simplicidade têm o ônus de impor várias restrições às funções, tais como, elasticidades de substituição unitárias, e elasticidades de produção e de demanda de fatores constantes. Estas limitações levaram os economistas a buscarem formas alternativas.

A função CES, proposta por Arrow, Chenery, Minhas e Solow, em 1961, é uma generalização da função Cobb-Douglas e apresenta, como seu próprio nome especifica, elasticidade de substituição constante, porém não unitária. Esta característica faz com que esta função seja também considerada, por muitos autores, como inadequada para representar o comportamento econômico do setor produtivo.

Alternativamente, as funções translogarítmicas são formas funcionais mais flexíveis, por não imporem qualquer restrição aos valores das elasticidades de substituição, nem pressuporem homogeneidade. Deve-se destacar que a translog não deixa de ser uma generalização da Cobb-Douglas, e seu uso só foi possível graças ao

¹⁵ Quanto mais subsetores são introduzidos na análise, mais parâmetros devem ser estimados. Dada a limitação de observações existentes, isto pode inviabilizar os procedimentos econométricos devido a redução dos graus de liberdade nas estimativas (ver item 5.2).

avanço significativo das técnicas econométricas combinado com o desenvolvimento da teoria da dualidade. A metodologia usada pela maioria dos estudos que empregam formas funcionais flexíveis foi introduzida por Berndt & Christensen, na década de 70.

Diante da exposição acima, adota-se a forma translog¹⁶ da expressão (5) para proceder a sua estimação econométrica¹⁷. Passa-se a ter:

$$\ln C = \alpha_0 + \sum_{i=1}^2 \alpha_i \ln Q_i + \sum_{l=1}^3 \beta_l \ln P_l + \varepsilon_t \ln t + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 \gamma_{ij} \ln Q_i \ln Q_j + \frac{1}{2} \sum_{l=1}^3 \sum_{r=1}^3 \delta_{lr} \ln P_l \ln P_r + \sum_{i=1}^2 \sum_{l=1}^3 \rho_{il} \ln Q_i \ln P_l + \sum_{i=1}^2 \mu_{it} \ln Q_i \ln t + \sum_{l=1}^3 \nu_{lt} \ln P_l \ln t + \frac{1}{2} \varepsilon_{tt} (\ln t)^2 \quad (6)$$

onde $\gamma_{ij} = \gamma_{ji}$ e $\delta_{lr} = \delta_{rl}$, $i, j = A, V$, indicando produções animal (pecuária) e vegetal (agricultura), respectivamente; e $l, r = L, T, K$, representando trabalho, terra e capital, respectivamente.

Assumindo que os produtores tomam como dados os preços dos fatores e usando o lema de Shephard, deriva-se as seguintes equações de parcelas:

$$S_l = \frac{\partial \ln C}{\partial \ln P_l} = \frac{\partial \ln C}{\partial P_l} \cdot \frac{P_l}{C} = \beta_l + \sum_{r=1}^3 \delta_{lr} \ln P_r + \sum_{i=1}^2 \rho_{il} \ln Q_i + \nu_{lt} \ln t \quad (7)$$

onde $l, r = L, T, K$; $i = A, V$; $S_l = P_l X_l / C$; e X_l é a quantidade utilizada do fator l .

As expressões (6) e (7) serão estimadas para o período 1970 a 1985.

¹⁶ Forma Hicks não-neutra e insumo-produto não-separável.

¹⁷ Nesta especificação, a dificuldade de se distinguir os efeitos da mudança tecnológica das economias de escala pode ser evitada, desde que a função transformada subjacente é não-homotética no sentido que a especificação de mudança tecnológica não desloca as isoquantas do mesmo modo que as economias de escala. Além disso, desde que uma forma funcional específica seja empregada em uma estrutura sistemática na forma de elasticidades de substituição e vieses de mudança tecnológica, pode-se evitar o problema da “impossibilidade” de Diamond-Mc Fadden-Rodrigues e simultaneamente identificar as elasticidades de substituição e os vieses de mudança tecnológica.

4.2.1 Procedimentos para o cálculo do viés de produção

O primeiro objetivo específico deste estudo (item 1.1 do capítulo 1) é atingido através da introdução de uma medida de viés de mudança tecnológica no produto, apresentada por Antle & Capalbo (1988). Para a função custo de dois produtos utilizada, a medida de viés de produção pode ser construída para detectar o movimento do caminho de expansão no espaço da produção (esse movimento do caminho de expansão surge do deslocamento da fronteira de produção que, por sua vez, implica na mudança de inclinação da isoreceita no ponto de equilíbrio). Ela é definida pela expressão (4) do item 2.3, abaixo repetida:

$$\begin{aligned}
 B_{ij}^Q &= \frac{\partial}{\partial \alpha} \ln \frac{\frac{\alpha}{\partial Q_i}}{\frac{\alpha}{\partial Q_j}} \\
 &= \frac{\partial \ln CMg_i}{\partial \alpha} - \frac{\partial \ln CMg_j}{\partial \alpha} \\
 &= G(CMg_i) - G(CMg_j)
 \end{aligned} \tag{4}$$

onde $G(\cdot)$ indica taxa de crescimento; e CMg = custo marginal.

Como visto no item 2.3 do capítulo 2, a mudança tecnológica no espaço da produção pode ser definida como viesada em direção ao produto j (ou contra o produto i) se $B_{ij}^Q > 0$, neutra se $B_{ij}^Q = 0$, ou viesada em direção ao produto i (ou contra o produto j) se $B_{ij}^Q < 0$.

Para a função custo translog multiproduto usada neste estudo, a taxa de crescimento do custo marginal de cada produto é derivada da seguinte forma:

a) primeiramente, a elasticidade custo-produção do produto i (ε_{CQi}) é calculada como sendo:

$$\varepsilon_{CQ_i} = \frac{\partial \ln C}{\partial \ln Q_i} = \alpha_i + \sum_{l=1}^3 \rho_{il} \ln P_l + \sum_{j=1}^2 \gamma_{ij} \ln Q_j + \mu_{it} \ln t \quad (8)$$

onde $i, j = A, V$; $l = L, T, K$; e os parâmetros α_i , ρ_{il} , γ_{ij} , e μ_{it} da expressão (8) advêm da estimativa das equações (6) e (7).

b) além disso, tem-se que:

$$\frac{\partial \ln C}{\partial \ln Q_i} = \frac{\frac{\Delta C}{C}}{\frac{\Delta Q_i}{Q_i}} = \frac{\Delta C}{\Delta Q_i} \cdot \frac{Q_i}{C} \approx \frac{\partial C}{\partial Q_i} \cdot \frac{Q_i}{C} = \frac{CMg_i}{CMe_i}$$

A diferenciação do logaritmo da razão CMg_i/CMe_i com respeito ao tempo, mantendo-se constantes os preços dos fatores e dos produtos, gera:

$$\frac{\partial \ln \left(\frac{CMg_i}{CMe_i} \right)}{\partial t} = \frac{\partial \ln CMg_i}{\partial t} - \frac{\partial \ln CMe_i}{\partial t} = G(CMg_i) - G(CMe_i) \quad (9)$$

c) da diferenciação da expressão (8) em relação ao tempo, tem-se que :

$$\frac{\partial \ln \left(\frac{\partial \ln C}{\partial \ln Q_i} \right)}{\partial t} = \left(\frac{\partial \ln C}{\partial \ln Q_i} \right)^{-1} \cdot \frac{\partial \left(\frac{\partial \ln C}{\partial \ln Q_i} \right)}{\partial t} = \frac{\mu_{it}}{\varepsilon_{CQ_i} \cdot t} \quad (10)$$

Sabendo que $\frac{\partial \ln \left(\frac{CMg_i}{CMe_i} \right)}{\partial t} = \frac{\partial \ln \left(\frac{\partial \ln C}{\partial \ln Q_i} \right)}{\partial t}$, pode-se igualar as expressões (9) e

(10) e com isto tem-se que a taxa de crescimento do custo marginal para cada produto é obtida por:

$$G(CMg_i) = \frac{\mu_{it}}{\varepsilon_{CQ_i} \cdot t} + G(CMe_i) \quad (11)$$

Observe que μ_{it} é estimado pela equação (6). ε_{CQ_i} é calculado através da expressão (8). Assim, conhecendo $G(CMe_i)$ - valor suposto conhecido para se estimar a equação (6) - determina-se pela equação (11) o $G(CMg_i)$.

De posse dos valores $G(CMg_i)$ e $G(CMg_j)$ - onde $i, j = A, V$ - obtém-se a medida de viés de produção usando a expressão (4). Essa última pode ser computada para todo o período 1970 - 85, bem como para qualquer subperíodo desse intervalo de tempo.

4.2.2 Procedimentos para o cálculo do viés de uso de fatores

Este estudo pretende, também, investigar como as mudanças no *mix* de produção afetaram os usos relativos dos fatores, durante o período em análise. Para isso, torna-se necessário computar as elasticidades de demanda de fatores com relação às quantidades de produtos¹⁸. Além disso, os impactos viesados de mudança tecnológica nos usos relativos dos fatores serão mensurados.

As elasticidades de demanda de fatores com respeito às quantidades de produto, e_{li} , medem a variação percentual na quantidade demandada do fator l dividida pela variação percentual na produção de i e são obtidas por:

$$e_{li} = \frac{\partial \ln X_l}{\partial \ln Q_i}, \text{ onde } X_l \text{ é a quantidade demandada do fator } l \text{ (} l = L, T, \text{ e } K \text{) e } Q_i \text{ é a}$$

produção de i ($i = A, V$).

Sabendo que $S_l = P_l X_l / C$, isto implica que $X_l = (S_l \cdot C) / P_l$.

Substituindo X_l na equação inicial, tem-se que:

$$e_{li} = \frac{\partial \ln \left(\frac{S_l \cdot C}{P_l} \right)}{\partial \ln Q_i}$$

Aplicando logaritmos ao numerador, tem-se que:

$$e_{li} = \frac{\partial \ln(S_l \cdot C)}{\partial \ln Q_i} - \frac{\partial \ln P_l}{\partial \ln Q_i}$$

¹⁸ Com uma função custo translog multiproduto é difícil distinguir os impactos de uma mudança no *mix* de produção sobre as elasticidades parciais de substituição de fatores de Allen e elasticidades preço da demanda de fatores. Para estudar tais impactos em detalhes, uma função custo translog de um único produto precisaria ser especificada para cada produto. Contudo, neste caso seria impossível investigar o viés de mudança tecnológica na produção.

Mas $(\partial \ln P_l / \partial \ln Q_i) = 0$, pois os produtores são tomadores de preços (P_l é dado), assim:

$$e_{li} = \frac{\partial \ln(S_l \cdot C)}{\partial \ln Q_i} = \frac{\partial \ln S_l}{\partial \ln Q_i} + \frac{\partial \ln C}{\partial \ln Q_i}$$

Por definição (aplicação do Lema de Shephard¹⁹) tem-se que $S_l = (\partial \ln C / \partial \ln P_l)$, isto implica que:

$$e_{li} = \frac{\partial \ln C}{\partial \ln Q_i} + \frac{\partial \ln \left(\frac{\partial \ln C}{\partial \ln P_l} \right)}{\partial \ln Q_i}$$

Tomando a equação (6), tem-se que:

$$\frac{\partial \ln C}{\partial \ln Q_i} = \alpha_i + \sum_{l=1}^3 \rho_{il} \ln P_l + \sum_{j=1}^2 \gamma_{ij} \ln Q_j + \mu_{it} \ln t$$

E sabendo que $S_l = (\partial \ln C / \partial \ln P_l)$, tem-se que:

$$\frac{\partial \ln \left(\frac{\partial \ln C}{\partial \ln P_l} \right)}{\partial \ln Q_i} = \frac{\partial \ln S_l}{\partial \ln Q_i} = \frac{\partial S_l}{\partial Q_i} \cdot \frac{Q_i}{S_l}$$

Da expressão (7), tem-se que: $\frac{\partial S_l}{\partial Q_i} = \frac{1}{Q_i} \cdot \rho_{il}$

Substituindo essa última expressão na anterior, tem-se que:

$$\frac{\partial \ln \left(\frac{\partial \ln C}{\partial \ln P_l} \right)}{\partial \ln Q_i} = \rho_{il} \cdot \frac{1}{Q_i} \cdot \frac{Q_i}{S_l} = \frac{\rho_{il}}{S_l}$$

Voltando a última expressão de e_{li} e nela substituindo as últimas expressões de

$$\frac{\partial \ln C}{\partial \ln Q_i} \text{ e } \frac{\partial \ln \left(\frac{\partial \ln C}{\partial \ln P_l} \right)}{\partial \ln Q_i}, \text{ tem-se:}$$

¹⁹ Segundo o Lema de Shephard: $\frac{\partial C}{\partial P_l} = X_l$ e como $\frac{\partial \ln C}{\partial \ln P_l} = \frac{\partial C}{\partial P_l} \cdot \frac{P_l}{C} = X_l \cdot \frac{P_l}{C} = S_l$.

$$e_{it} = \alpha_i + \sum_{l=1}^3 \rho_{il} \ln P_l + \sum_{j=1}^2 \gamma_{ij} \ln Q_j + \mu_{it} \ln t + \frac{\rho_{il}}{S_l} \quad (12)$$

$l = L, T, K; i, j = A, V.$

Observe na equação (12) que a parcela $\frac{\partial \ln C}{\partial \ln Q_i}$ (correspondente aos quatro primeiros termos do 2º membro) é a elasticidade custo da produção de i . Portanto, para se calcular e_{it} antes deve-se ter ε_{CQi} . Para que isso ocorra, antes decide-se o que produzir para depois decidir o uso relativo dos fatores, como proposto na figura 1.

Antle & Capalbo (1988) propuseram uma medida hicksiana de viés de mudança tecnológica no espaço dos insumos, tanto para o caso de uma função multiproduto como para uma função com um único produto, pela extensão da definição de Binswanger de medida de viés para tecnologias de produção não-homotéticas (no caso de um único produto) e insumo-produto não-separável (no caso de multiprodutos). De acordo com esta definição, a mudança na parcela de custo ótima devido à mudança tecnológica pode ser decomposta em um efeito escala (um movimento ao longo do caminho de expansão) e um efeito viés (interpretado como um deslocamento do caminho de expansão). No caso de multiprodutos, a medida de viés hicksiana (de acordo com os autores citados) é definida como:

$$B_i^e = B_i + \left[\sum_{j=1}^n \frac{\partial \ln S_i(Q, P, t)}{\partial \ln Q_j} \left(\frac{\partial \ln C}{\partial \ln Q_j} \right)^{-1} \right] \left(\frac{-\partial \ln C}{\partial t} \right) \quad (13)$$

$$B_i = \partial \ln S_i(Q, P, t) / \partial t \quad (13a)$$

Se houver a separabilidade insumo-produto - que implica $[\partial \ln S_i / \partial \ln Q_j] = 0$ para todo insumo l e produto j - o efeito escala [o segundo termo do lado direito de (13)] é eliminado. Logo, a medida de viés hicksiano contém apenas o efeito de um deslocamento do caminho de expansão.

Contudo, para a função custo translog multiproduto considera-se que não há separabilidade insumo-produto. Assim, as elasticidades custo-produção (ε_{CQi}) são

computadas pela equação (8) e o negativo da taxa de redução do custo ($\lambda = - \partial \ln C / \partial t$) é obtida por (diferenciando a expressão (6) em relação a t):

$$\lambda = -\frac{\partial \ln C}{\partial t} = -\left(\varepsilon_t + \sum_{i=1}^2 \mu_{it} \ln Q_i + \sum_{l=1}^3 \nu_{lt} \ln P_l + \varepsilon_{it} \ln t \right) / t \quad (14)$$

Sabe-se que: $(\partial \ln C / \partial \ln Q_j) = \varepsilon_{CQj}$; $(- \partial \ln C / \partial t) = \lambda$; e $(\partial \ln S_l / \partial \ln Q_j) = \rho_{jl} / S_l$, onde $i = A, P$; e $l = L, T, K$.

Substituindo esses valores na expressão (13), encontra-se que o viés hicksiano é medido por:

$$B_l^e = B_l + \frac{\lambda}{S_l} \cdot \frac{\rho_{Al}}{\varepsilon_{CQA}} + \frac{\lambda}{S_l} \cdot \frac{\rho_{Vl}}{\varepsilon_{CQV}} \quad (15)$$

O primeiro termo do lado direito da equação (15) mede o viés atribuído a um deslocamento do caminho de expansão, o segundo termo mede o efeito escala devido à produção animal e o último termo mede o efeito escala devido à produção vegetal.

Um valor positivo (negativo) de B_l^e , multiplicado por 100, fornece uma medida percentual de variação de utilização (poupança) de um determinado fator de produção causada pelos efeitos expansão e escala.

Deve-se notar que as equações (4), (11), (12) e (15) corroboram a pressuposição inicial do estudo - explicitada na Figura 1 do capítulo 1 - sobre a causalidade da mudança tecnológica. Isto é, este estudo pressupõe que a mudança tecnológica primeiro impacta a produção e esta, por sua vez, afeta o uso relativo dos fatores. Como se observa nas fórmulas (4) e (11), a determinação do viés de produção depende do valor da elasticidade custo da produção (ε_{CQi}) e esta, por sua vez, tanto afeta a elasticidade da demanda de fatores com respeito à produção ($e_{li} = \varepsilon_{CQi} + \rho_{il}/S_l$) como também faz parte do cálculo do viés de fatores (equação 15). Mas, para se calcular ε_{CQi} - através da fórmula (8) - antes deve-se estimar as equações (6) e (7). E para estimar essas duas últimas equações, supõe-se que, em primeiro lugar, houve a decisão do que produzir.

4.2.3 Restrições impostas às equações estimadas de custo e parcelas

O uso das relações de dualidade entre as representações primal e dual da tecnologia geram a necessidade de testar a consistência do modelo dual com as propriedades teóricas da função subjacente.

Devido sua natureza flexível, a função de custo translog (equação 6) não satisfaz globalmente as propriedades de monotonicidade ou concavidade nos preços dos fatores. Assim, torna-se necessário checar essas propriedades localmente. Neste ponto, a função translog pode ser interpretada como uma expansão de 2ª ordem da série de Taylor nos logaritmos em torno do ponto zero.

A função de custo $C(Q,P)$ deve ser contínua nos preços dos fatores (P) e produção (Q); monotônica, não decrescente em Q e P , e linearmente homogênea e côncava²⁰ em P . Além disso, retornos decrescentes à escala implicam que a função custo seja convexa em Q .

A condição de simetria imposta ao modelo (equações 6 e 7) exige que $\gamma_{ij} = \gamma_{ji}$, para $i \neq j$ e $\delta_{lr} = \delta_{rl}$ para $r \neq l$, enquanto que a condição de homogeneidade de grau 1 nos preços dos fatores implica nas seguintes restrições lineares : $\sum_l \beta_l = 1$, $\sum_l \delta_{lr} = 0 \forall r = 1, \dots, n$, $\sum_l \rho_{il} = 0 \forall i = 1, \dots, m$ e $\sum_l v_{lt} = 0$.

Diferentemente das restrições de homogeneidade linear da função custo nos preços dos fatores, impostas acima, as restrições de curvatura e monotonicidade não são facilmente manipuláveis dentro da estrutura econométrica por incluírem restrições de desigualdades no conjunto de parâmetros ou equações de parcelas.

A monotonicidade em P exige que as equações de parcelas sejam positivas, isto é: $S_l > 0$. Similarmente, a condição de monotonicidade em Q exige que C seja não decrescente.

²⁰ As definições de monotonicidade, homogeneidade, concavidade e as demais propriedades da função custo estão explicitadas em Chambers (1988, p.49).

As condições de curvatura, isto é, concavidade da função custo em relação aos preços dos fatores e convexidade em relação à produção, são baseadas, respectivamente, na propriedade de que o hessiano de C em relação aos preços dos fatores, H_{pp} , seja negativo semidefinido. A convexidade em relação às quantidades de produtos é estabelecida se o hessiano de C em relação às quantidades de produtos, H_{qq} , seja positivo semidefinido.

As exigências supra citadas podem ser testadas via substituição dos valores médios observados dos logaritmos das variáveis nas equações estimadas (6), (7) e da equação calculada (8) e do cálculo do hessiano de C em relação às quantidades de produtos e aos preços dos fatores.

A estimação das equações (6) e (7), por mínimos quadrados iterativo em três estágios, é obtida através do pacote estatístico "SAS"²¹.

4.3 Índices de produto e preço

A estimação das equações (6) e (7) requer informações acerca dos valores de produção animal e vegetal e de preços dos fatores de produção considerados. Essas informações devem estar disponíveis na forma de índices de quantidade (produto) e preços, e no caso da função translog, o índice de Törnqvist é o índice considerado superlativo.

Para a obtenção desses índices aplica-se a metodologia descrita no Apêndice A.

Como a partir dos índices de produto e de insumos é possível calcular a taxa de crescimento do progresso tecnológico, segundo a Teoria dos Números Índices (Silva & Carmo, 1986), optou-se, neste trabalho, por calculá-la, a fim de compará-la com estimativa obtida via método econométrico e dada pela fórmula: $(\sqrt[N]{e^{\varepsilon_t}} - 1)$, onde e é o antilogaritmo neperiano; N é o período de tempo considerado; e ε_t é o coeficiente de $\ln t$ na equação (6).

²¹ SAS INSTITUTE INC. SAS procedure guide - version 6.3. ed Gary, 1990. 705p.

O conceito de mudança tecnológica apresenta-se intimamente ligado ao conceito de produtividade. Segundo Silva & Carmo (1986), a análise dos processos de mudança na composição da produção, substituição de fatores e progresso tecnológico da agricultura brasileira, causados por alterações nos mercados de produtos e de fatores, provocaram efeitos diretos sobre a produtividade agrícola.

A análise da produtividade agrícola foi, por longo tempo, baseada nos conceitos de produtividade da terra e do trabalho, ou seja, sua análise sempre esteve ligada aos conceitos de produtividades parciais.

Porém, a partir do final dos anos 70, passou a haver um grande questionamento quanto ao uso dessas medidas parciais de produtividade, principalmente quando utilizadas para comparação destas produtividades entre regiões ou países. Vários trabalhos abordaram este assunto, entre eles, no Brasil - Vera Fo. & Tollini (1979); e Silva & Carmo (1986) - e no exterior, Antle & Capalbo (1988), todos procurando apontar as limitações inerentes ao uso de relações como *produto por área* e *produto por trabalhador* como indicadores de progresso técnico.

Para fugir deste problema, os autores supra citados sugerem o uso de um índice agregado como uma medida mais racional de produtividade.

Opinião semelhante pode ser encontrada em Antle & Capalbo (1988). Para eles, na teoria econômica elementar, a produtividade é definida em termos da taxa de produto produzida por unidade de insumo utilizada no processo de produção. Porém, fora do caso uniproduto/unifator a definição e medida de produtividade tornam-se menos diretas; e um enfoque alternativo seria o de generalizar o conceito de produtividade média, comparando um índice de produção agregado com um índice de insumo agregado.

A partir de então, a pesquisa sobre produtividade, pelo enfoque dos números índices, tem estado mais interessada nas medidas de produtividade total dos fatores, baseada na produção e insumos agregados²².

Esta medida envolveria o quociente entre dois índices de quantidade: um de produção, a partir de informações sobre quantidade produzida e preços de cada produto, em cada período de tempo; e outro de uso de fatores, a partir de dados sobre a

²² Contudo, até hoje, as medidas parciais de produtividade continuam sendo amplamente utilizadas.

quantidade empregada e o preço de cada fator de produção, nestes mesmos períodos de tempo.

4.3.1 Fatores que afetam a produtividade

A teoria da produção fornece uma base para análise dos fatores que explicam as mudanças no nível de produção e que afetam a produtividade. Em geral, o nível de produto depende de três fatores: do estado da tecnologia, ou tipo de processo de produção utilizado; das quantidades e tipos de recursos empregados no processo de produção; e da eficiência com que estes recursos são utilizados.

Antle & Capalbo (1988) ilustram com um exemplo simples como cada um desses fatores influenciam as medidas de produtividade. Considere a figura abaixo onde são representadas as funções de produção neoclássicas (uniproduto), $F^1(X)$ e $F^2(X)$, que representam as combinações tecnicamente eficientes do insumo X e produção Q para dois processos de produção distintos.

Figura 3. Diferenças de produtividades no modelo neoclássico

Sejam Q_1 e Q_2 as produções observadas nos períodos 1 e 2, e assuma que o processo F^1 foi usado no período 1 e F^2 foi usado no período 2. Desde que estas duas observações geram dois diferentes raios partindo da origem dos eixos até cada uma delas,

a produtividade total do fator, medida como produtividade média de X , é maior no período 2 que no período 1. Esta mudança da medida da produtividade pode ser atribuída a três fenômenos distintos: 1^o) Q_1 está abaixo de $F^1(X)$, indicando ineficiência técnica, pois uma produção eficiente poderia resultar na produção Q_1' ; 2^o) a produção Q_2 foi produzida com uma maior quantidade de insumo que Q_1 e, portanto, existe uma diferença na escala de produção que explica a diferença entre Q_1' e Q_2' ; 3^o) a função de produção F^2 exibe uma produtividade total maior que F^1 , que explica a diferença entre Q_2' e Q_2 .

O exemplo acima mostra que diferenças na eficiência produtiva, na escala de produção e no estado da tecnologia poderiam explicar em parte ou totalmente as diferenças de produtividade total do fator observadas no tempo (ou entre unidades de produto observadas no tempo). Deve estar claro, portanto, que, embora a produtividade seja definida de forma única, sua mensuração precisa ser baseada em uma representação válida da tecnologia da produção.

4.3.2 Métodos de cálculo da produtividade total

Existem na literatura dois enfoques para medir a produtividade total dos fatores: o enfoque do crescimento contábil (através de números índices) e o enfoque econométrico.

O enfoque ou Teoria dos Números Índices surgiu como uma extensão natural de pesquisas anteriores de Simon Kuznets, entre outros, que buscavam desenvolver dados nacionais contábeis consistentes. O ponto de partida deste enfoque é que, na falta de avanço tecnológico, o crescimento do produto total pode ser explicado em termos do crescimento do uso de todos os insumos, idéia esta sustentada pela teoria neoclássica da produção e distribuição, onde o equilíbrio competitivo e retornos constantes à escala implicam que o pagamento aos fatores exaurem o produto total. Dado um avanço tecnológico, entretanto, os pagamentos aos fatores poderiam não exaurir o produto total

e poderia restar um produto residual não explicado pelos insumos. Este resíduo é fundamental na mensuração e explicação do crescimento da produtividade.²³

Este enfoque requer a contabilização detalhada de informações sobre insumos e produtos, agregando-os em índices de insumo e produto, que são utilizados no cálculo do índice de produtividade total dos fatores. Na determinação das medidas de insumo e produtos agregados é importante determinar o método pelo qual os dados brutos são combinados em um número manejável de subagregações e por sua vez reagregados. A teoria dos números índices é quem responde por esta questão.

Avanços teóricos recentes têm tornado possível identificar as pressuposições econômicas acerca das funções de agregação subjacentes que estão implícitas na escolha de um determinado índice. Diewert (1976) provou que o índice de Laspeyres, utilizado em grande parte dos estudos de produtividade (inclusive pela *USDA*), é exato para, ou implica, uma função de produção linear, na qual todos os insumos são substitutos perfeitos ou para uma função de produção Leontief na qual todos os insumos são usados em proporções fixas. Similarmente, os índices geométricos são exatos para a função de produção Cobb-Douglas, enquanto o índice de Törnqvist, o qual é também uma aproximação do índice de Divisia, é exato para uma função de produção translog homogênea.

A teoria econômica dos números índices se baseia nos trabalhos de Diewert supra citados, que denominou de superlativos os índices que são exatos para uma determinada forma funcional.

Diante disto, optou-se neste trabalho pela construção do Índice de Törnqvist (Apêndice A) por ser este um índice superlativo relativamente à função de custo translog aqui adotada.

Segundo Silva & Carmo (1986) uma vantagem adicional da utilização de números índices para medir a produtividade é a possibilidade de estimar também o progresso

²³ Antle & Capalbo (1988) atribuem a Domar (1961) a cunhagem desta terminologia 'resíduo' para designar avanço tecnológico e citam numerosas pesquisas direcionadas a medi-lo e explicá-lo, como por exemplo: Kendrick (1973); Jorgenson & Griliches (1967), entre outros.

técnico com o mesmo instrumental. O progresso técnico seria estimado através da variação da produtividade total entre dois períodos de tempo, através da fórmula:

$$(1 + \pi) = \text{IQP} / \text{IQF} \quad (16),$$

onde π é a taxa de progresso técnico; IQP é o número índice de quantidade de produtos obtidos; IQF é o número índice de quantidade de fatores utilizados; e a razão entre IQP e IQF é o número índice de produtividade total.

Como a estimação da função translog de custo exigia a transformação dos dados de custo em índices de quantidade de produtos e de preços dos insumos e isto, por sua vez, demandava a construção do índice de Törnqvist, decidiu-se por calcular também neste trabalho a taxa de progresso técnico pelo enfoque dos números índices, apesar de não ser este o objetivo central do estudo, que é medir os vieses de mudança tecnológica. A obtenção desses vieses, contudo, não é possível pelo enfoque dos números índices, exigindo estimação econométrica. Entra-se, assim, no segundo enfoque de medida de produtividade.

O enfoque econométrico de medida de produtividade é baseado na estimação econométrica da tecnologia de produção, onde a mudança tecnológica pode ser inferida de deslocamentos na função de produção e sob a suposição de que a produção é eficiente (ou que o grau de ineficiência é constante). Nesse contexto, assume-se que mudanças na produtividade e mudança tecnológica são sinônimos. Como discutido anteriormente, as relações de dualidade fornecem um meio pelo qual pode-se inferir sobre os deslocamentos da função de produção através da estimação direta da função de produção ou da estimação de funções duais de custo ou lucro. A forma de estimação escolhida foi detalhada no item 4.2 deste capítulo e os resultados deste enfoque serão objeto de análise no capítulo seguinte.

Segundo Antle & Capalbo (1988), os enfoques dos números índices e o econométrico possuem vantagens e limitações no cálculo de produtividade. Como em

toda pesquisa aplicada, a escolha entre os dois enfoques deve se basear nos objetivos da pesquisa, nos dados necessários e sua disponibilidade e nas suposições convenientes.

Na derivação dos números índices de Divisia e suas relações para a teoria da produção, várias suposições fortes devem ser feitas acerca da tecnologia e da indústria, quais sejam: mudança tecnológica Hicks-neutra, retornos constantes à escala e equilíbrio competitivo a longo-prazo da indústria. Certamente, em muitos casos, é bastante improvável que estas suposições sejam apropriadas e, portanto, a utilização dos números índices pode ser questionada. Entretanto, como Caves, Christensen & Diewert (1982a,b) indicaram, o número índice de Törnqvist é superlativo para algumas estruturas de produção mais gerais, isto é, não homogêneas e de retornos não constantes à escala. Entretanto, este enfoque não pode ser considerado como geralmente válido, pois sua validade estará sempre vinculada à validade da estrutura para a qual o número índice é superlativo.

Outra desvantagem do enfoque dos números índices é que seus cálculos não são baseados em teoria estatística e portanto os métodos estatísticos não podem ser empregados para avaliar sua boa qualidade. Entretanto, este método pode e deve ser usado quando a utilização de métodos econométricos não for possível. Sua maior vantagem é que dados muito detalhados, com muitos insumos e categorias de produtos, podem ser usados independentemente do número de observações no tempo, não havendo nenhum problema de graus de liberdade ou outro de natureza estatística por se trabalhar com pequenas amostras.

O enfoque econométrico permite ao pesquisador relaxar algumas das suposições requeridas pelos números índices, porém ao custo necessário de incorrer em outras suposições. Uma função de produção, como a translog, pode ser estimada sem que seja necessário fazer qualquer suposição acerca de mudança tecnológica neutra ou de retornos à escala ou mesmo de equilíbrio da indústria. Além disso, como o modelo estimado têm propriedades estatísticas conhecidas, pode-se construir intervalos de confiança acerca das estimativas. Entretanto, a estimação da função de produção uniproduto, tal como a translog, com dados agregados, requer que os produtos sejam agregados em um índice único, tornando-se necessário, portanto, assumir a

separabilidade insumo-produto. Esta última crítica não se aplica ao presente estudo, que estima uma função de produção multiproduto.

Porém, para graus de liberdade suficientes e para evitar problemas de multicolinearidade torna-se necessário agregar os dados de insumos em um pequeno número de categorias, o que pode ser feito apenas sob a suposição de separabilidade dos insumos. Ademais, uma forte suposição é feita acerca da natureza da mudança tecnológica, que é a de que ela pode ser representada como uma função do tempo. De maneira a estimar modelos duais de custo ou lucro, a suposição adicional de preços competitivos e eficiência na utilização de insumos precisa ser feita, além de suposições acerca das propriedades estatísticas dos dados.

As vantagens e limitações de cada um dos enfoques, listadas acima, devem ser consideradas pelo pesquisador na escolha da forma mais adequada para medir produtividade. Porém, ambos os enfoques podem ser úteis e certamente podem ser considerados apropriados quando de acordo com os objetivos e disponibilidades de dados da pesquisa. Além disso, o fato de ambos serem ligados com a teoria da produção permite que cada enfoque seja usado para avaliar o outro, ou para servir de parâmetro de comparação. Isto é feito no capítulo 5 do presente estudo.

4.4 Dados da pesquisa

A estimativa das equações (6) e (7) - ver p.40 - é o ponto inicial para se obter os valores das demais equações do item 4.2 e, portanto, obter-se medidas de viés de produção e de uso de fatores. Define-se dois níveis de agregação dos dados para estimar essas equações. Primeiramente, as equações (6) e (7) são estimadas para dados agregados a nível de cada Unidade da Federação, a fim de atender ao primeiro objetivo específico do presente trabalho (ver p.7). Em um segundo estágio, o mesmo sistema de equações é aplicado para dados agregados a nível de cada Estado da Federação que compõem as regiões Sul e Sudeste, de um lado; e Centro-Oeste e Norte, de outro. As regiões Sul e Sudeste representam a região desenvolvida e as regiões Centro-Oeste e Norte representam a região de fronteira. Neste segundo caso, os dados utilizados são

estratificados em três grupos distintos de área total (representando produtores pequenos, médios e grandes), atendendo assim ao segundo objetivo específico proposto nesta pesquisa. O primeiro estrato corresponde a áreas de até 10 hectares (exclusive); o segundo corresponde a áreas entre 10 e 100 ha (exclusive); e o terceiro compreende áreas superiores a 100 ha (inclusive).

Os dados básicos usados na pesquisa são obtidos dos Censos Agropecuários de 1970, 1975, 1980 e 1985. Toma-se como unidades amostrais os Estados e Territórios da Federação seguindo a divisão espacial vigente no ano de 1970, porém anexa-se o Estado da Guanabara ao do Rio de Janeiro e o Distrito Federal a Goiás. Assim, para os anos censitários subsequentes, não se considera a repartição entre os Estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul e entre Goiás e Tocantins. Logo, o total da amostra fica composto de 96 observações, no primeiro estágio de estimação, resultante do produto de 24 observações em cada Censo pelo número de Censos (4) considerados no estudo.

Na segunda fase de estimação, o total da amostra para a região de fronteira compõem-se de 96 observações (8 Estados x 3 estratos x 4 Censos) e para a região desenvolvida perfazem 84 observações (7 Estados x 3 estratos x 4 Censos).

Os dados básicos de custo de produção (C) englobam valor do fluxo anual dos serviços de capital, valor do fluxo anual dos serviços de terra e valor dos serviços da mão-de-obra total.

A estimação dos parâmetros das equações (6) e (7) do item 4.2, a partir de um *pooling* de dados de cortes seccionais e séries temporais, requer, ainda, a obtenção de dados de parcelas de gastos com terra (S_T), trabalho (S_L) e capital (S_K) nos custos totais; de índices de produção animal e vegetal e de preços de terra, trabalho e de capital. Todos esses dados são também obtidos dos Censos Agropecuários acima citados.

A parcela de gastos com o fator terra (S_T) é obtida pela razão entre o valor do fluxo de serviços de terra (V_T) e o custo total (C). O fluxo de serviços do fator terra corresponde à multiplicação da área total explorada pelo preço de arrendamento da terra. Por sua vez, a área total explorada engloba o somatório das áreas com lavouras (permanentes e temporárias), com pastagens (naturais e plantadas) e com matas (naturais e plantadas), conforme Figueiredo (1996), entre outros autores. Considera-se como

preço de arrendamento da terra (P_t) o valor equivalente a 12% de seu valor médio de venda (este último sendo o valor das terras/área total). Procedimento análogo a este foi anteriormente adotado por Dias (1982), Santos (1986) e Zagatto (1991).

A parcela de gastos com o fator trabalho (S_L) é igual à razão entre o valor do fluxo de serviços do trabalho familiar, assalariado e empregados não assalariados (parceiro e outra condição), V_L , e o custo total (C). O fluxo dos serviços de mão-de-obra (V_L) corresponde ao produto do total de equivalentes homem-ano (EH), correspondente ao número total de pessoas ocupadas na atividade agropecuária, com o preço do trabalho.

A transformação dos dados censitários sobre mão-de-obra em equivalentes homem-ano (EH) requer a conversão do número de pessoas ocupadas - de diferentes sexos, idades e situações de emprego - em unidades homogêneas de força de trabalho. Utiliza-se, para tanto, a metodologia²⁴ descrita abaixo, baseada em Graziano da Silva & Kageyama (1983), e usada por Hoffmann *et al.* (1985), Figueiredo (1996) e Silva (1996).

O conceito de equivalente homem-ano refere-se à força de trabalho de um adulto do sexo masculino durante um ano de trabalho (300 dias). Os fatores de conversão adotados são: (i) homem adulto, em qualquer situação, correspondeu a 1,0 EH; (ii) não-empregados (responsável e membros não remunerados da família), se mulher, 0,6 EH, se criança de qualquer sexo, 0,4 EH; (iii) empregados não assalariados (parceiro e outra condição), se mulher, 0,66 EH, se criança (ambos os sexos), 0,5 EH; e (iv) empregados assalariados (permanentes e temporários), se mulher, 1,0 EH, se criança (ambos os sexos), 0,5 EH.

Como nos Censos Agropecuários de 1975, 1980 e 1985 não se discrimina o pessoal ocupado de “outra condição” por sexo e idade, como no censo de 1970, adota-se, aqui, o critério proposto por Hoffmann *et al.* (1985, v.3, p.654), que consiste na consideração da mesma proporção de crianças observada para “parceiros”.

²⁴ Há, sem dúvida, elementos arbitrários nesta metodologia. Não obstante, optou-se por utilizá-la pelo fato de um grande número de trabalhos já fazerem uso da mesma. Desse modo, o presente trabalho não gera resultados questionáveis por alterar a metodologia de cálculo de equivalentes homem-ano.

Na falta de melhores informações atribuiu-se à mão-de-obra familiar e aos empregados não assalariados o salário médio recebido pela mão-de-obra assalariada em cada unidade da federação. Para o cálculo deste salário médio (P_L) divide-se o total de salários pagos à mão-de-obra empregada pela estimativa do total de horas trabalhadas pela mão-de-obra permanente e temporária através do conceito de equivalentes homem-ano. Procedimento análogo a este foi anteriormente adotado por Dias (1982) e Santos (1986).

A parcela de gastos com o fator capital (S_K) é obtida pela razão entre o valor do fluxo de serviços de capital e o custo total (C). O fluxo dos serviços de capital (V_K) é considerado igual ao somatório do valor dos insumos intermediários e de 5% do valor do estoque de capital fixo (exceto terra). O preço do capital (P_K) é considerado como sendo a razão entre os juros pagos e o total de financiamentos obtidos em cada Estado, ver Zagatto (1991).

Os dados de produção e de preços dos fatores são transformados em índices através da utilização de Índices de Quantidades e de Preços de Törnqvist, com base média de 1970 = 100 (Apêndice A).

O custo total de produção (C) corresponde ao somatório dos fluxos de despesas com terra (V_T), trabalho (V_L) e capital (V_K), da maneira em que foram expressos. Isto é: $C = V_T + V_L + V_K$.

A renda bruta das empresas rurais, de cada Estado considerado, engloba o valor da produção consumida e vendida de produtos agrícolas (de lavouras permanentes e temporárias), pecuários (animais de grande porte, de médio porte, aves e pequenos animais) e florestais (silvicultura e extração vegetal), tanto na forma *in natura* como processada, além de variações no inventário. Esta renda bruta é dividida em produção vegetal (produtos agrícolas + florestais) e produção animal (pecuários).

Deve-se deixar claro que muitos dos procedimentos adotados na obtenção dos valores das variáveis utilizadas neste estudo representam aproximações, muitas vezes grosseiras, dos seus verdadeiros valores. Contudo, a limitação imposta pela falta de informações (dados) mais apuradas não invalida, a nosso ver, a relevância do presente estudo.

Dada a pressuposição de minimização de custo, com produção pré-determinada, considera-se que a soma dos pagamentos aos fatores de produção foi igual à renda dos fatores. O problema, então, resume-se em alocar os pagamentos aos fatores, de modo que cada um deles seja remunerado de acordo com seu valor do produto marginal, em condições de competição perfeita.

Deve-se notar, ainda, que os pagamentos ao capital devem ser suficientes para remunerar os serviços de administração e o custo de oportunidade do proprietário-administrador. Destarte, o fator combinado proprietário-administrador-capital considera todo o risco do fluxo de renda não assumido pela terra e pelo trabalho. Isso parece refletir, de modo bastante razoável, a situação típica do setor agropecuário do País, de acordo com Lopes & Schuh (1979) e Thompson (1978).

5 PROGRESSO TÉCNICO E VIÉSES DE MUDANÇA TECNOLÓGICA NA AGROPECUÁRIA BRASILEIRA: 1970 a 1985

Esse capítulo inicia-se com uma análise tabular da evolução e da composição da produção animal e vegetal por regiões e estratos de área total (item 5.1). Procura-se com este item mostrar que a produção animal e a produção vegetal possuem dinamismos diferentes ao longo do tempo no Brasil e em suas regiões, além de caracterizar os diferentes perfis das duas regiões selecionadas no estudo (a de fronteira e a desenvolvida).

Em seguida (item 5.2), avalia-se os resultados dos cálculos dos viéses de produção e de uso de insumos para o País como um todo. No item 5.3, realiza-se a mesma análise para as regiões selecionadas.

Aproveitando os cálculos dos índices de produto e de insumos, analisa-se, no item 5.4, o comportamento da taxa de progresso tecnológico, segundo o enfoque dos números índices, a fim de compará-la com a estimativa obtida pelo enfoque econométrico.

Para efeito de análise, nos itens 5.1 e 5.3 as atividades produção vegetal e produção animal foram consideradas em três estratos distintos de grupos de área total²⁵.

Como a divisão territorial regional do País considerada foi a vigente em 1970, explicada no capítulo anterior, para efeito de análise regional o Estado de Tocantins foi considerado como pertencente à região Centro-Oeste.

²⁵ Os estratos considerados nesse estudo são: estrato I, compreendendo grupos de área total entre 0 e 10 ha (exclusive); estrato II, áreas de 10 a 100 ha (exclusive); e, estrato III, com áreas superiores a 100 ha.

5.1 Evolução e composição do setor agropecuário brasileiro: 1970 a 1985

É consensual, entre os analistas da agropecuária brasileira, que o modelo de modernização adotado, a partir de meados da década de 60, baseou-se no uso de força mecânica combinada a insumos químicos e biológicos (fertilizantes, novas variedades de plantas e raças de animais) com o objetivo de aumentar a produtividade dos fatores de produção. Esse processo foi geograficamente generalizado, porém em diferentes intensidades, entre todas as regiões do País, como se depreende da análise da Tabela 1, abaixo.

Pode-se observar que, no período entre 1970 e 1985, o valor real da produção agropecuária total no Brasil cresceu a uma taxa anual próxima a 5%. Essa taxa foi sempre positiva para todas as regiões, porém, tendo as regiões de desenvolvimento mais recente, como a Norte e Centro-Oeste, taxas um pouco acima dos 7% ao ano. As regiões Nordeste e Sudeste apresentaram taxas anuais de crescimento do valor da produção real bem próximas da média nacional, ficando a Região Sul um pouco abaixo desta média.

O valor total da produção agropecuária brasileira mais que duplicou, em termos reais, no período de 15 anos aqui analisado. Porém, os melhores desempenhos ocorreram no período compreendido entre 1970 e 1980, principalmente em sua primeira metade.

A divisão da produção agropecuária em valor da produção animal (VPA) e valor da produção vegetal (VPV) nos permite uma análise mais detalhada²⁶.

Na década de 70, o crescimento percentual do valor da produção animal do País, considerado em seu todo, foi sempre superior ao do valor da produção vegetal, porém na primeira metade da década de 80 esta situação se reverteu e todo o crescimento

²⁶ As maiores taxas de crescimento apresentadas em cada subperíodo e no período total foram: 1) de 1970/75, Nordeste, Centro-Oeste e Sul para o VPA; Sul e Centro-Oeste para o VPV; e Centro-Oeste e Sul para o VPT; 2) de 1975/80, Norte e Centro-Oeste para o VPA; VPV; e VPT; 3) de 1980/85, Norte para o VPA; Sudeste e Centro-Oeste para o VPV; e Sudeste e Norte para o VPT; 4) de 1970/85, Norte e Centro-Oeste para o VPA; Centro-Oeste, Norte e Sudeste para o VPV; e Centro-Oeste e Norte para o VPT.

apresentado pelo valor da produção total pode ser imputado à produção vegetal, dado que o valor da produção animal praticamente não apresentou variação real.

Tabela 1. Taxas anuais reais de crescimento dos valores da produção animal, vegetal, total, e dos preços dos produtos animais e vegetais, por regiões e país. Brasil, 1970/85.

	Período	VPA	VPV	VPT	P _A	P _V
BRASIL	70/75	7,84	5,98	6,68	29,9	33,1
	75/80	6,96	1,85	3,97	58,6	55,5
	80/85	0,07	8,09	4,77	148,3	150,4
	70/85	4,90	5,28	5,14	72,3	73,1
NORTE	70/75	7,89	3,56	4,65	28,6	42,8
	75/80	15,36	10,23	11,74	56,3	60,1
	80/85	5,33	5,79	5,64	148,3	158,6
	70/85	9,44	6,49	7,30	70,9	80,8
C-OESTE	70/75	8,96	9,40	9,14	31,0	35,5
	75/80	12,1	4,75	9,28	64,8	49,5
	80/85	1,20	7,99	3,66	145,3	145,5
	70/85	7,31	7,36	7,33	74,3	70,7
NORDESTE	70/75	9,23	2,61	4,70	30,0	29,2
	75/80	6,18	3,74	4,64	60,1	62,6
	80/85	3,32	6,40	5,26	152,7	142,7
	70/85	6,21	4,24	4,87	73,9	72,1
SUDESTE	70/75	8,50	2,98	5,37	29,7	33,9
	75/80	4,18	3,89	4,03	57,6	54,2
	80/85	-2,01	11,70	6,36	146,2	154,0
	70/85	3,47	6,26	5,25	71,4	73,7
SUL	70/75	5,58	10,02	8,63	30,2	33,7
	75/80	7,86	-1,97	1,25	57,0	54,4
	80/85	-0,48	4,94	2,95	151,5	150,4
	70/85	4,25	4,21	4,22	72,6	72,9

Fonte: Dados trabalhados dos Censos Agropecuários. Deflator: Índice de Preços de Laspeyres e onde VPA; VPV; e VPT indicam as taxas de crescimento dos valores da produção animal, vegetal e total respectivamente; e P_A e P_V são as seqüências das taxas de crescimento dos preços de animais e vegetais, respectivamente.

Nos anos 70, os melhores desempenhos das regiões mais desenvolvidas - Sudeste e Sul - ocorreram em sua primeira metade, enquanto que o das regiões de fronteira - Norte e Centro-Oeste - ocorreram na segunda metade da década.

O dinamismo apresentado pelas regiões de fronteira, durante este período, quando suas taxas são bem superiores à nacional, se deveu principalmente ao comportamento da produção animal. Segundo Almeida & Santos (1990a, 1990b) e Fearnside (1990), no processo de colonização das regiões Norte e Centro-Oeste, as culturas (principalmente arroz) são utilizadas como fase preliminar no estabelecimento de pastagens, que se constituem na principal forma de ocupação permanente dessas áreas de fronteira.

No primeiro quinquênio da década de 80 houve, para o Brasil como um todo e para as principais regiões do País, uma desaceleração do crescimento do valor da produção animal, principalmente na Região Sudeste.

A taxa de variação do valor real da produção vegetal na região Sudeste (80/85) foi a maior da região entre todos os subperíodos analisados, e deveu-se, principalmente, à expansão da cana-de-açúcar e da laranja. A grande expansão da produção vegetal na região Nordeste no período 1980/85 deveu-se, principalmente, à expansão da cana-de-açúcar, motivada pela segunda fase do Proálcool. Já nas regiões Sul e Centro-Oeste, a expansão da cultura da soja contribuiu, significativamente, para a elevada taxa de crescimento do VPV no primeiro quinquênio da década de 80 (Melo, 1985).

A atividade agropecuária no País caracteriza-se pela coexistência de um sistema misto de produção onde as atividades de produção vegetal (agricultura) e produção animal (pecuária), geralmente, convivem em um mesmo estabelecimento agrícola.

A análise da Tabela 2 mostra a presença destas duas atividades em todos os estratos de grupo de área total considerados. Porém, em todas as regiões do País a atividade produção vegetal predomina no estrato de menor área (de até 10 ha, exclusive), enquanto que a produção animal torna-se predominante, geralmente, a partir do estrato II, referente a grupos de área total acima de 10 ha. Esse predomínio da produção animal nos maiores estratos de área deve-se à pecuária bovina extensiva.

Considerando-se o País como um todo, observa-se que as áreas ocupadas com culturas - permanentes, temporárias, silvicultura e extrativismo vegetal - representaram

cerca de $\frac{3}{4}$ da área total explorada no estrato I, nos quatro anos considerados; enquanto que a área dedicada à pecuária ocupou menos de $\frac{1}{5}$ da área total deste estrato.

Tabela 2 Participação percentual da área com culturas¹ e pastagens na área total explorada, por regiões e país, e grupo de área total. Brasil, 1970 - 1985.

Região	Es- tr.	Atividade	1970	1975	1980	1985	Região	Es- tr.	Atividade	1970	1975	1980	1985
NORTE	I	culturas	65,5	64,6	64,2	63,5	SUL	I	culturas	82,6	82,4	80,6	79,2
		pastagens	7,0	6,6	4,4	5,6			pastagens	12,6	13,5	15,2	16,5
		área exp ¹	2,7	3,5	4,2	4,6			área exp ¹	24,8	21,0	20,0	21,9
	II	culturas	15,1	17,0	15,8	14,2		II	culturas	49,4	54,5	57,0	55,6
		pastagens	15,1	18,3	12,9	14,9			pastagens	33,6	32,1	31,6	33,0
		área exp ¹	21,2	27,2	48,4	71,1			área exp ¹	136,0	134,4	139,6	141,6
	III	culturas	1,0	2,0	3,0	2,8		III	culturas	12,4	19,9	24,5	25,8
		pastagens	24,7	19,1	23,2	29,0			pastagens	73,2	67,4	62,9	61,7
		área exp ¹	165,8	249,1	304,8	315,0			área exp ¹	228,6	245,5	263,8	265,8
NORD.	I	culturas	75,5	75,8	76,0	78,4	C.OEST.	I	culturas	83,5	87,1	83,5	80,6
		pastagens	18,6	19,4	18,6	17,4			pastagens	13,5	11,0	14,2	17,3
		área exp ¹	34,1	37,3	39,0	43,1			área exp ¹	2,8	3,2	2,5	3,2
	II	culturas	29,4	28,7	32,4	31,4		II	culturas	21,2	24,2	23,7	24,1
		pastagens	46,2	49,1	44,0	46,0			pastagens	63,2	62,2	61,0	61,4
		área exp ¹	132,1	133,9	155,8	158,4			área exp ¹	36,2	37,3	39,2	45,9
	III	culturas	10,4	10,5	13,3	12,9		III	culturas	2,1	4,3	6,2	7,1
		pastagens	55,5	55,5	53,6	55,0			pastagens	78,7	74,4	68,6	68,9
		área exp ¹	381,0	420,3	475,4	492,6			área exp ¹	675,8	792,9	950,7	973,9
SUDES.	I	culturas	70,0	66,3	67,4	66,0	BRASIL	I	culturas	76,7	76,0	75,5	75,9
		pastagens	26,4	29,5	27,8	28,9			pastagens	17,5	18,5	18,2	18,4
		área exp ¹	14,0	12,1	12,0	14,0			área exp ¹	78,4	77,0	77,7	86,7
	II	culturas	29,0	28,3	31,5	32,3		II	culturas	33,7	34,8	36,5	34,9
		pastagens	62,1	63,7	59,6	58,4			pastagens	47,5	48,1	43,4	43,5
		área exp ¹	150,2	147,6	146,0	155,8			área exp ¹	475,6	480,4	529,0	572,7
	III	culturas	11,4	14,1	18,5	21,1		III	culturas	7,1	9,2	11,6	12,4
		pastagens	77,1	75,4	68,4	66,4			pastagens	68,3	64,0	59,6	60,0
		área exp ¹	454,8	497,6	505,9	496,9			área exp ²	190,6	220,5	250,1	254,4

Fonte: Dados da Pesquisa trabalhados dos Censos Agropecuários; os dados de culturas e pastagens estão expressos em percentagem e os de área total explorada (área exp.) estão expressos em: 1) 10^5 ha e 2) 10^6 ha.

Nota I: Inclui lavouras permanentes e temporárias, matas plantadas e matas nativas.

No estrato II (áreas com 10 até 100 ha, exclusive), a participação das áreas com culturas reduz-se para valores próximos a $\frac{1}{3}$ da área total, enquanto que as áreas

dedicadas à pecuária crescem para perto de $\frac{1}{2}$ da área total. Deve-se observar, ainda, que as percentagens de áreas ocupadas com ambas as atividades apresentaram pouca variação ao longo do tempo, nos estratos I e II.

Já no estrato III - correspondente a grupos de área total superiores a 100 ha (inclusive), apesar da ampla predominância da produção animal sobre a produção vegetal na ocupação da área total explorada - nota-se que a primeira vem declinando sua participação ao longo do tempo, sendo que a queda de mais de oito pontos percentuais, entre 1970 e 1985, é contrabalançada, em parte, pelo ganho de área incorporado pela produção vegetal, neste mesmo período.

Ademais este estrato apresentou um significativo crescimento de mais de 33% na área total explorada, entre 1970 e 1985. Portanto, o declínio percentual apresentado pela pecuária não representa redução absoluta da atividade. Por outro lado, o comportamento da produção vegetal corresponde a um expressivo crescimento da atividade neste estrato.

Outro dado interessante é mostrado através da incorporação de novas áreas, ao longo do tempo, em todos os estratos: cerca de 10% no estrato I, 20% no II, e 33% no III. Além disso, nota-se que no estrato I as duas atividades em estudo absorvem cerca de 95% da área total explorada, percentual que se reduz para cerca de 80% e 72%, respectivamente, à medida que os estratos crescem.

A comparação de cada região com o agregado do País mostra que, enquanto na Região Norte, ambas as atividades apresentam percentuais de ocupação de área menores que os nacionais em todos os estratos (por ser uma região com grande cobertura florestal não explorada), a Região Nordeste os apresenta bem próximos do patamar médio brasileiro, exceto nos estratos II e III, onde os percentuais de ocupação de área com culturas são ligeiramente menores no primeiro e maiores no segundo.

As regiões Sudeste e Sul apresentam dados contrastantes, isto é, na primeira as áreas de culturas apresentam percentuais menores e as de pecuária os apresentam maiores que os nacionais, exceto no estrato III. O contrário ocorre com a região Sul.

Na Região Centro-Oeste os percentuais de áreas com culturas são maiores do que os do País apenas no estrato I e menores nos demais. Já a pecuária apresenta percentagens menores no primeiro e maiores que as nacionais nos demais estratos.

Da observação dos dados apresentados acima, pode-se notar que, a despeito das diferenças existentes entre as regiões Sul e Sudeste, relativamente à distribuição de áreas entre as duas atividades consideradas, ambas as regiões apresentam altos índices agregados de ocupação da área total explorada em todos os estratos (sempre acima de 85%). Enquanto que nas regiões Norte e Centro-Oeste, a soma das percentagens de área ocupada é, de modo geral, inferior a verificada nas regiões Sul e Sudeste, principalmente no estrato III (estrato amplamente predominante nas regiões Norte e Centro-Oeste). Por isso, pode-se denominar as regiões Norte e Centro-Oeste de região de fronteira (por dispor de ampla área ainda não explorada) e as regiões Sul e Sudeste de região desenvolvida (no sentido de já possuir exploração econômica consolidada).

A análise da participação percentual dos valores das produções animal (grandes, médios e pequenos animais) e vegetal (lavouras permanentes, lavouras temporárias e silvicultura mais extrativismo vegetal) no valor da produção total, na Tabela 3, mostra que essa participação, ao longo do período em estudo, tende a decrescer nos estratos de menor área (I e II) e a crescer no maior estrato.

Tabela 3. Participação percentual dos valores das produções animal e vegetal no valor da produção total, por estrato de grupo de área total. Brasil, 1970 - 85.

Ano	Estrato	Produção Animal				Produção Vegetal				Produção Total (%)
		Grande (%)	Médio (%)	Pequeno (%)	Sub-total (%)	Lav. Perm (%)	Lav. Temp (%)	Ext. Veg (%)	Sub-tot. (%)	
1970	I	1,3	1,1	2,1	4,5	1,8	9,8	0,9	12,6	17,1
	II	7,2	3,0	2,5	12,7	5,4	19,7	1,4	26,6	39,3
	III	17,9	1,3	0,7	19,8	5,0	15,2	3,6	23,8	43,6
Total		26,4	5,4	5,3	37,1	12,3	44,7	5,9	62,9	100,0
1975	I	1,3	1,2	1,9	4,3	2,0	7,4	0,6	10,1	14,4
	II	7,3	2,9	2,7	13,0	7,0	17,3	0,8	25,1	38,0
	III	19,8	1,2	0,9	21,9	6,5	17,2	2,0	25,7	47,6
Total		28,3	5,3	5,5	39,1	15,5	41,9	3,4	60,9	100,0
1980	I	1,5	1,0	1,9	4,3	1,5	6,0	0,4	7,9	12,2
	II	8,7	2,6	3,5	14,8	5,3	15,6	1,0	21,9	36,7
	III	23,6	1,1	1,4	26,0	5,7	18,2	1,3	25,2	51,1
Total		33,7	4,6	6,8	45,1	12,4	39,8	2,7	54,9	100,0
1985	I	1,3	0,8	1,7	3,8	2,2	5,1	0,3	7,7	11,5
	II	6,8	2,5	3,1	12,3	8,7	14,3	0,7	23,7	36,0
	III	17,4	0,9	1,4	19,7	11,7	20,0	1,0	32,7	52,5
Total		25,5	4,2	6,1	35,8	22,7	39,5	2,0	64,2	100,0

Fonte: Dados trabalhados dos Censos Agropecuários; onde Ext. Veg. inclui a silvicultura.

Porém, há uma certa concentração da produção nos estratos II e III, que compreendem um amplo espectro de estabelecimentos, ou seja, estabelecimentos com

área total acima de 10 ha e que somados respondem por respectivamente 82,9%; 85,6%; 87,8%; e 88,5% do valor da produção total em cada ano censitário de 1970, 1975, 1980 e 1985, respectivamente.

Além disso, exceto para o ano de 1980, a participação do valor da produção vegetal no valor da produção total foi sempre superior a 60%, enquanto que a produção animal respondeu por menos de 40% desse valor. Em 1980 observa-se um significativo crescimento da atividade pecuária, mas que não se sustenta no período posterior, e sua participação retorna aos níveis históricos observados anteriormente.

Pode-se notar, também, que em todos os estratos e em todos os períodos analisados, a participação das lavouras temporárias supera tanto as lavouras permanentes como o extrativismo no valor da produção vegetal.

Em relação ao valor da produção animal, vale destacar a participação de pequenos animais (em geral, aves), no menor estrato de área, sempre superior às demais atividades. Também a produção dos animais médios (principalmente suínos) é relativamente concentrada nos dois menores estratos, enquanto que a participação relativa dos grandes animais no valor da produção animal total cresce com o crescimento dos estratos de área.

A análise por região, ver Tabela 1B no Apêndice B, mostra que, diferentemente do País como um todo, as regiões Norte, entre 1970 e 1980, e a Sul, em todo o período analisado, apresentaram o valor da produção total concentrado em sua maior parte no estrato intermediário, enquanto as demais regiões apresentaram a mesma tendência do País. A partir de 1985 para o Norte a tendência de concentração do valor da produção total também se transfere para o estrato III.

Cabe aqui destacar a região Centro-Oeste, onde o valor da produção total está crescentemente concentrado no maior estrato (III), referente a grupos de área total superiores a 100 hectares. É interessante notar que esta concentração do valor da produção total cresce de 71,1% em 1970 para 84,3% em 1985. Ademais, esta é a única região do País onde o valor da produção animal supera percentualmente o valor da produção vegetal no valor da produção total, em todo o período.

Nas demais regiões é relativamente grande a vantagem do valor da produção vegetal sobre a animal, em todo o período, exceção feita à Região Sudeste no ano de 1980, quando a produção animal chegou a responder por 47,5% do valor da produção total.

Considerando apenas o valor da produção animal, pode-se notar que, nas regiões Norte, Nordeste e Sudeste, o valor da produção de grandes animais correspondeu a praticamente $\frac{3}{4}$ do valor da produção animal total durante todo o período. Já na Região Centro-Oeste este percentual cresce para valores próximos a 90%, enquanto que na Região Sul ele cai, ao longo do tempo, de cerca de 56% em 1970 para menos de 50% em 1985. Isto reflete o crescimento da produção de médios e pequenos animais (suínos e aves) nesta região.

A consideração do valor da produção vegetal mostra em todas as regiões a predominância das lavouras temporárias sobre as permanentes, em todo o período, fato acentuado nas Regiões Sul e Centro-Oeste, onde as lavouras temporárias chegam a responder por até 90% do valor da produção vegetal.

Entretanto, a principal diferença observada entre as regiões refere-se à importância relativa da participação percentual do valor da produção animal no valor da produção total, na região Centro-Oeste (de fronteira), quando comparada com a região desenvolvida, onde a participação percentual do valor da produção vegetal no valor da produção total é sempre superior à participação do valor da produção animal no valor da produção total.

5.2 Estimativas econométricas do viés de mudança tecnológica

A análise da evolução da agropecuária brasileira no período 1970 a 1985, feita no capítulo anterior, sugere que esse setor apresentou diferentes dinamismos das produções animal e vegetal a nível global do País e em suas regiões, ao longo do tempo. Assim, torna-se importante buscar medidas econométricas na forma de vieses de produção e de uso de insumos causados por mudança tecnológica na agropecuária brasileira.

Isto se processa a partir da estimação conjunta da equação de custo total (6) e das equações de parcelas de custo (7) do item 4.2.1 (ver p.40), por mínimos quadrados iterativo em três estágios, onde obtêm-se as estimativas dos parâmetros de regressão.

O número de parâmetros a serem estimados diretamente, na equação de custo total, via regressão obedece, segundo Ray (1982), a seguinte fórmula matemática: $N = \frac{1}{2} (n + m) (3 + n + m)$, onde N é o número de parâmetros; n é o número de produtos; e m é o número de fatores de produção considerados. Nesta fórmula não está incluído o intercepto.

No caso do presente estudo, onde foram considerados dois produtos ($n = 2$, isto é, produção animal e vegetal) e três insumos ($m = 3$, isto é, terra, trabalho e capital), da estimação conjunta da equação (6) e de duas equações de (7), obtêm-se, diretamente da regressão referente à equação (6), a estimativa de 21 parâmetros, incluindo o intercepto. Os sete parâmetros restantes são obtidos através das restrições, de simetria e homogeneidade linear nos preços dos insumos, impostas ao conjunto de equações acima (e explicadas no item 4.2.3), além do processo de normalização das três equações pela variável preço do capital.

Desta forma, para evitar singularidade da matriz de variância-covariância, das três equações de (7), apenas duas foram incluídas no modelo, sendo omitida a equação relativa ao fator capital.

Portanto, os parâmetros da função de custo translog foram identificados através da estimação simultânea de um sistema de três equações, compostas por uma função de custo total e por duas equações de parcelas de custo (trabalho e terra).

Primeiramente, estas equações foram estimadas usando mínimos quadrados ordinários de maneira a checar o bom ajustamento do modelo. Os R^2 ajustados foram de 97% para a função de custo total e de 60% e 66% para as parcelas de trabalho e terra, respectivamente. O F de Snedecor para o conjunto das três equações foi de 175,13 para 95 graus de liberdade, o que implica em significância ao nível de 1% de probabilidade.

Estes critérios econométricos - tais como o grau de ajustamento da função (através de coeficientes de determinação múltipla - R^2 - relativamente altos), a significância da regressão (através do teste F), além das significâncias das estimativas dos

parâmetros de regressão (teste t, de Student) e da coerência econômica dos sinais dos coeficientes de regressão - permitem determinar se o ajustamento da função foi bom ou não.

No processo de estimação das equações supra citadas assumiu-se algumas hipóteses, que precisam ser testadas estatisticamente, a fim de validar o modelo (ver Chambers, 1988 e Kuroda, 1988). Estes testes estatísticos desempenham importante papel na análise dos vieses de produto e de fatores gerados por mudança tecnológica.

A primeira hipótese assumida ao se adotar o sistema de equações acima é a da não separabilidade entre insumo e produto. Isto é, assume-se que as decisões de produção e uso de insumos não são independentes uma das outras. Em outras palavras, isto significa que as taxas marginais de substituição técnica entre pares de insumos não são independentes da composição da produção agropecuária e também que a taxa marginal de transformação entre dois produtos não é independente da composição dos insumos.

O teste estatístico necessário para validar tal hipótese consiste em testar a existência da separabilidade insumo-produto. Para tanto, torna-se necessário reestimar o modelo por mínimos quadrados ordinários de forma restrita, onde é testada a seguinte

hipótese nula (H_0): $\sum_{i=1}^2 \alpha_i = 1$; $\sum_{i=1}^2 \gamma_{ij} = 0$, $\forall j$; $\sum_{i=1}^2 \mu_{il} = 0$ e $\rho_{il} = 0$, $\forall i$, e onde: $i, j = A, V$; $l =$

L, T, K ; e $\alpha_i, \gamma_{ij}, \mu_{il}$, e ρ_{il} são coeficientes da equação (6).

A partir dos valores de “F” dos modelos restrito (R) e irrestrito (U) calcula-se o valor de “F” para as restrições que compõem H_0 , através da seguinte fórmula:

$$F = \frac{\frac{SQR_R - SQR_U}{GL_R - GL_U}}{\frac{SQR_U}{GL_U}}, \text{ onde: SQR é a soma de quadrados dos resíduos, GL indicam graus de}$$

liberdade, R indica modelo restrito e U indica modelo irrestrito.

O valor de “F” calculado a partir da utilização da fórmula acima foi de 3,47, enquanto que o valor de “F” tabelado para as 8 restrições impostas ao modelo e os 95

graus de liberdade total é da ordem de 2,04, considerando-se 5% de probabilidade e 2,70 para 1% de probabilidade.

Desta forma, como F calculado é maior que o tabelado, rejeita-se a hipótese nula de existência de separabilidade entre insumos e produtos, o que alternativamente implica em validar o modelo adotado de não separabilidade entre insumos e produto, tanto ao nível de 5% como ao nível de 1% de probabilidade.

O teste estatístico para mudança tecnológica Hicks-neutra, no caso da não separabilidade insumo-produto, consiste na reestimação por mínimos quadrados ordinários de um novo modelo restrito onde é testada a seguinte hipótese nula (H_0): $\mu_{it} = 0, \forall i$ e $\nu_{it} = 0, \forall I; i = A, V$ e $I = L, T, K$. Sendo μ_{it} e ν_{it} coeficientes da expressão (6).

De maneira análoga à descrita anteriormente, calculou-se o valor de “F” para as restrições de neutralidade expostas acima e o valor obtido foi de 2,52, significativo a até 5% de probabilidade. Isto é, rejeita-se a hipótese de que a mudança tecnológica seja definida, no caso de multiprodutos, como uma mudança tecnológica Hicks-neutra estendida (Kuroda, 1988). Reciprocamente, este resultado indica a ocorrência de viés de mudança tecnológica no espaço dos produtos, dos insumos, ou em ambos.

Como tanto o R^2 como o F na primeira estimativa (por MQO) apontaram para um bom ajustamento, e baseado nos resultados destes testes, o sistema de equações foi reestimado conjuntamente e impondo as restrições de igualdade entre os parâmetros comuns nas três equações. Para isto, o método escolhido foi o de mínimos quadrados iterativo em 3 estágios.

A Tabela 4 mostra os resultados obtidos na estimação dos parâmetros das equações para 24 unidades da Federação em 4 períodos de tempo. Os dados utilizados estão no apêndice C.

Dos 33 coeficientes estimados por regressão²⁷, pelo segundo procedimento, 18 foram significativos a até 1% , 20 a até 5%, e 22 a até 10% de probabilidade.

²⁷ A estimação conjunta da equação (6) e de duas equações de parcelas de custo (7), fornece a estimativa de 33 coeficientes de regressão, dos quais apenas 28 são apresentados na tabela 4. Isto se deve à existência de parâmetros comuns nas 3 equações supra citadas. Além disso, desses 28 coeficientes, 7 foram obtidos via restrição de homogeneidade.

Tabela 4 Coeficientes do modelo estimado por mínimos quadrados iterativo em 3 estágios²⁸. Brasil, 1970 - 85.

Coeficientes	Origem	Valor	Estatística t	Significado Econômico
α_0	regressão	4,0123*	12,836	
α_A	regressão	-0,3462	-1,140	
α_V	regressão	0,1228	0,423	
β_L	regressão	-0,1349	-0,872	
β_T	regressão	1,1790*	9,918	
β_K	$1 - \beta_1 - \beta_2$	-0,0441	-0,326	
ε_t	regressão	0,6399**	1,912	taxa média de m. t.
γ_{AA}	regressão	0,4510*	3,704	efeito escala puro
$\gamma_{AV} = \gamma_{VA}$	regressão	-0,3012*	-2,499	efeito escala puro
γ_{VV}	regressão	0,3826*	3,038	efeito escala puro
δ_{LL}	regressão	0,2768*	2,777	coeficientes relacionados a η e σ .
$\delta_{LT} = \delta_{TL}$	regressão	-0,1371*	-3,986	
$\delta_{LK} = \delta_{KL}$	$-\delta_{11} - \delta_{12}$	-0,1397*	-5,280	
δ_{TT}	regressão	0,3458*	5,825	
$\delta_{TK} = \delta_{KT}$	$-\delta_{21} - \delta_{22}$	-0,2087*	7,890	
δ_{KK}	$-\delta_{13} - \delta_{23}$	0,3484*	2,464	efeitos da interação escala-preço de cada fator devido a não homoteticidade
ρ_{AL}	regressão	0,0860	1,600	
ρ_{AT}	regressão	-0,1831*	-4,499	
ρ_{AK}	$-\rho_{11} - \rho_{12}$	0,0971***	1,904	
ρ_{VL}	regressão	0,0359	0,674	
ρ_{VT}	regressão	-0,0269	-0,691	efeitos da interação escala-tecnologia de viés de insumos de Hicks
ρ_{VK}	$-\rho_{21} - \rho_{22}$	-0,0090	-0,188	
μ_{At}	regressão	-0,1322	-1,111	
μ_{Vt}	regressão	0,0488	1,394	
v_{Lt}	regressão	-0,0185	-0,399	
v_{Tt}	regressão	0,0617	1,213	prog. tec. neutro - puro, dep. de t.
v_{Kt}	$-v_{1t} - v_{2t}$	-0,0432*	-4,320	
ε_{tt}	regressão	-0,3086***	-1,872	

Fonte: Dados da Pesquisa; onde *, **, ***, indicam graus de significância de 1, 5 e 10%, respectivamente. Os valores de t dos parâmetros estimados via restrições foram calculados pelo procedimento explicitado no Apêndice E.

Vários autores - como Reis (1992), Oliveira (1984) e Martin & Perez (1975) - atribuem importância aos coeficientes de regressão quando o valor absoluto do

$$\ln C = \alpha_0 + \sum_{i=1}^2 \alpha_i \ln Q_i + \sum_{l=1}^3 \beta_l \ln P_l + \varepsilon_t \ln t + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 \gamma_{ij} \ln Q_i \ln Q_j + \frac{1}{2} \sum_{l=1}^3 \sum_{r=1}^3 \delta_{lr} \ln P_l \ln P_r + \sum_{i=1}^2 \sum_{l=1}^3 \rho_{il} \ln Q_i \ln P_l + \sum_{i=1}^2 \mu_{it} \ln Q_i \ln t + \sum_{l=1}^3 v_{lt} \ln P_l \ln t + \frac{1}{2} \varepsilon_{tt} (\ln t)^2 \quad (6)$$

parâmetro for maior que seu erro-padrão, ou seja, quando o valor encontrado para o teste t for superior à unidade. Assim, dentro desta perspectiva, o número de parâmetros relevantes no modelo estimado eleva-se para 26, isto é, apenas 7 parâmetros não podem ser considerados relevantes no modelo.

O coeficiente encontrado para ε_t , no enfoque econométrico aponta para uma taxa de progresso tecnológico da ordem de 4,36% ao ano²⁹, no período 1970 a 1985, próxima dos 3,92% ao ano calculada pelo enfoque dos números índices para o período 70/85 e apresentada no item 5.4.

A fim de testar se as condições de monotonicidade em preços e produções foram satisfeitas, apresentam-se, a seguir, os resultados obtidos da estimação das equações de parcelas de custo dos fatores de produção considerados (Tabela 5) e os cálculos das elasticidades custo-produção (Tabela 6). Os resultados da Tabela 5 são os parâmetros estimados da equação (7) - ver p.40 - e os valores da Tabela 6 são calculados a partir da equação (8) - ver p.42.

Tabela 5 Equações de parcelas de custo dos fatores³⁰. Brasil, 1970-85.

S_l	β_l	δ_{lL}	δ_{lT}	δ_{lK}	ρ_{Al}	ρ_{v_l}	v_{lt}
S_L	-0,1349	0,2768*	-0,1371*	-0,1397*	0,0860	0,0359	-0,0185
S_T	1,1790*	-0,1371*	0,3458*	-0,2087*	-0,1831*	-0,0269	0,0617
S_K	-0,0441	-0,1397*	-0,2087*	0,3484*	0,0971***	-0,0090	-0,0432*

Fonte: Dados da Pesquisa; onde: $l = L, T, e K$; * indica significativo a 1%; ** a 5%; e *** a 10% de probabilidade, respectivamente.

Os resultados encontrados, via substituição dos valores médios dos logaritmos das variáveis observados no modelo, nas equações de parcelas de custos estimadas para trabalho, terra e capital, em cada período analisado foram: $S_L = 0,4161$; 0,4494; 0,4686; e 0,4423 para 1970/75, 75/80, 80/85, e 70/85, respectivamente; $S_T = 0,1607$; 0,1089;

²⁹ O cálculo da taxa de progresso técnico pelo método econométrico corresponde à taxa anual de crescimento, no período de 15 anos analisado, do anti-logaritmo do coeficiente de ε_t da Tabela 4.

³⁰ $S_l = \frac{\partial \ln C}{\partial \ln P_l} = \frac{\partial C}{\partial P_l} \cdot \frac{P_l}{C} = \beta_l + \sum_{r=1}^3 \delta_{lr} \ln P_r + \sum_{i=1}^2 \rho_{il} \ln Q_i + v_{lt} \ln t$

0,1074; e 0,1340; e $S_K = 0,4233$; 0,4418; 0,4241; e 0,4237, para os mesmos respectivos períodos anteriormente citados.

Esses resultados indicam que em 1970 as despesas com capital representavam 42,33% do custo total de produção na agropecuária, seguidos por 41,61% das despesas com trabalho e 16,07% das despesas com terra. Até 1985, houve acréscimo relativo de despesas com trabalho e queda de despesas com terra, refletindo os efeitos combinados dos preços relativos e das elasticidades de demanda desses fatores.

Como todas as parcelas médias de custo dos fatores de produção foram positivas, isto implica que a restrição de monotonicidade em preços dos fatores foi satisfeita.

Analogamente, o atendimento da condição de monotonicidade na produção exige que as elasticidades custo-produção sejam não negativas, dado que o custo total não deve decrescer à medida que a produção cresce.

A elasticidade-custo da produção de i (ECQ_i) mede a variação percentual no custo total causada por uma variação percentual no nível de produção do bem i .

Como mostram os resultados apresentados na Tabela 6, a condição de monotonicidade positiva da produção se verifica para as duas atividades, em todo o período analisado.

Tabela 6 Elasticidades custo-produção das produções animal e vegetal. Brasil, 1970/85

	70/75	75/80	80/85	70/85
ECQ_A	0,3041	0,3279	0,2985	0,3013
ECQ_V	0,4728	0,4846	0,5272	0,5001

Fonte: Dados da Pesquisa. Esses valores são calculados a partir da fórmula (8) usando os parâmetros estimados na tabela 4 e os valores médios de produtos e preços do apêndice C.

Além disso, os valores obtidos tanto para as elasticidades custo-produção da produção animal - ECQ_A - como da produção vegetal - ECQ_V - apontam para uma inelasticidade do custo de produção relativamente às variações nas produções animal e vegetal, respectivamente. Isto é, os valores destas elasticidades para o período total de análise (70/85) indicam que cada acréscimo (decrécimo) percentual nas produções

animal e vegetal provocam acréscimos (decréscimos) percentuais de, respectivamente, 0,3 e 0,5 no custo total de produção da agropecuária brasileira. Ou seja, acréscimos (decréscimos) na produção animal e vegetal provocam acréscimos (decréscimos) menos que proporcionais nos seus custos de produção.

Deve-se destacar, também, que a ECQ_V foi sempre maior que a ECQ_A em todo o período de análise e que a diferença entre seus valores tende a aumentar, ainda que ligeiramente, à medida que o tempo passa.

Como mostra Albuquerque (1987) a ECQ_i ($i = A, V$) possui dois componentes³¹: o efeito escala puro (EEP) e um termo de interação entre escala, tecnologia e preços dos fatores (TI), que são apresentados na Tabela 7 (que decompõe os valores da Tabela 6):

Tabela 7 Valores médios para os componentes das elasticidades-custo das produções animal e vegetal. Brasil - 1970/85.

Período	Atividade	Efeito Escala Puro (EEP)	Termo de Interação (TI)	Elasticidades Custo-Produção
70/75	Animal	0,2267	0,0774	0,3041
	Vegetal	0,4381	0,0347	0,4728
75/80	Animal	0,3159	0,0120	0,3279
	Vegetal	0,4222	0,0624	0,4846
80/85	Animal	0,3479	-0,0494	0,2985
	Vegetal	0,4495	0,0777	0,5272
70/85	Animal	0,2872	0,0140	0,3013
	Vegetal	0,4440	0,0561	0,5001

Fonte: Dados da Pesquisa

³¹ A ECQ_i tem dois componentes: um efeito escala puro ($EEP = \alpha_i + \sum_{j=1}^2 \gamma_{ij} \ln Q_j$) e um termo de interação entre escala, tecnologia e preços dos fatores ($TI = \sum_{l=1}^3 \rho_{il} \ln P_l + \mu_{il} \ln t$).

Deve-se notar que o efeito interação entre escala, tecnologia e preços dos fatores (TI) sempre reforça o efeito escala positivo, exceto para a produção animal no período 80/85, quando o valor negativo de TI provoca uma redução em ECQ_A .

A condição de concavidade também foi atendida na medida que $H_{PP} = 0$ e $H_{QQ} = 0,0818$, ou seja, os hessianos de C em relação aos preços dos fatores e às quantidades de produtos atendem às condições de não positividade do primeiro e não negatividade do segundo. Além disso, como a função custo total é positiva para todos os valores de P e Q, atende-se a todas as propriedades da função custo (como visto no subitem 4.2.3 do capítulo 4).

A partir da validação do modelo estimado, seus parâmetros foram utilizados para os cálculos dos vieses de mudança tecnológica na produção e no uso dos fatores de produção considerados, usando as equações (4) e (15) dos subitens 4.2.1 e 4.2.2, respectivamente (ver p.41 e 46).

A Tabela 8 apresenta as taxas de crescimento dos custos marginais e as respectivas medidas de vieses, calculadas a partir da equação (4), para os períodos 70/75, 75/80, 80/85 e para o período total (70/85).

Tabela 8 Taxas de crescimento do custo marginal de produção e vieses de produção. Brasil, 1970/85. (Valores em percentagens)

Período	$G(CMg_A)$	$G(CMg_V)$	B_{AV}^Q
70/75	-2,49	5,96	-8,45
75/80	-10,07	0,25	-10,32
80/85	-4,65	-17,63	12,98
70/85	-0,19	-5,68	5,49

Fonte: Dados da Pesquisa; onde o subscrito A indica produção animal e V indica produção vegetal. $G(CMg_i)$ é calculado através da fórmula (11) usando os dados de μ_{it} da tabela 4 e $G(CMe_i)$ do apêndice D. B_{AV}^Q é calculado através da fórmula (4).

A análise dos resultados encontrados no presente estudo aponta para a ocorrência de um viés de mudança tecnológica - B_{AV}^Q - na agropecuária brasileira, em direção à

produção animal (pecuária) e contra a produção vegetal durante toda a década de 70, quadro que se inverte drasticamente na primeira metade da década seguinte.

Este viés bem mais intenso em direção à produção vegetal no primeiro quinquênio da década de 80 faz com que o viés de mudança tecnológica no período total de análise (70/85) ocorra em direção à produção vegetal e contra a produção animal (pecuária). Isto se verifica a despeito do subsetor pecuária manter em todo o período taxas de crescimento negativas de seu custo marginal.

Ademais, durante os anos 70, o valor mais alto de B_{AV}^Q favorável à pecuária se deveu em sua maior parte às altas taxas de redução desse custo marginal da pecuária, fato ainda reforçado por taxas de crescimento positivas do custo marginal da produção vegetal. Porém, a partir dos anos 80, este quadro se reverte devido a ocorrência de alta taxa de crescimento negativa para o custo marginal da produção vegetal, apesar da pecuária continuar mantendo uma taxa anual de redução do seu custo marginal praticamente igual à média apresentada na década anterior.

Cabe destacar aqui que as taxas de crescimento do custo marginal da pecuária não tiveram sua tendência alterada pelas taxas de crescimento do custo médio do setor - $G(CMe_A)$, visto que as mesmas foram, em geral, superiores às taxas de crescimento do custo médio da produção vegetal - $G(CMe_V)$, exceto no período de 75/80.³²

As taxas de crescimento do custo médio da pecuária no Brasil, encontradas no presente estudo, de certo modo se assemelham ao resultado encontrado por Albuquerque (1985, 1987) para a pecuária leiteira no Estado de São Paulo, onde a despeito de ter havido grande modernização na atividade, houve perda de eficiência na produção e os custos unitários de produção elevaram-se em média 2,8% ao ano, durante o período de 1962 a 1980.

Considerando a década de 70 como período de análise, a taxa de mudança tecnológica viesada em direção à pecuária mostra-se coerente com a expectativa apresentada na hipótese do presente estudo, dado que, em geral, os produtos de pecuária apresentam demandas mais elásticas que os produtos de natureza agrícola.

³² Ver Apêndice D

Além disso, deve-se destacar os grandes avanços tecnológicos ocorridos tanto na avicultura³³ quanto na suinocultura a partir dos anos 70, além de avanços nas técnicas ligadas à bovinocultura, tais como inseminação, confinamento, forragens e manejo.

Segundo Santos (1986, p.95) uma análise do Plano Decenal de Desenvolvimento Econômico e Social (1967 - 1976) mostra o destacado papel assumido pela pesquisa e extensão no processo de modernização da agropecuária. Relativamente à pesquisa, são destacados o combate às principais doenças nos animais domésticos, programas de elaboração de vacinas, levantamentos sistemáticos indicativos de deficiências de microelementos do solo e nas plantas forrageiras, intensificação das pesquisas de fitoparasitas, que incentivaram principalmente a pecuária na década de 70; além da introdução e disseminação do cultivo da braquiária.

Os resultados da tabela 8 também apresentam coerência se comparados às taxas anuais reais de crescimento dos valores das produções animal e vegetal apresentados na Tabela 1, onde a despeito de não ter havido diferenças significativas na evolução dos índices de preços dos produtos animais e vegetais na década de 70, verifica-se taxas reais de crescimento do valor da produção animal bem superiores às do valor da produção vegetal e uma extraordinária inversão desta situação no primeiro quinquênio da década seguinte. Este último fato foi capaz de determinar, para o período total (70/85), uma taxa maior de crescimento para o valor da produção vegetal relativamente à taxa de crescimento da produção animal.

Deve-se destacar também a grande expansão apresentada pelos produtos de origem vegetal, voltados para a exportação e para a substituição de importações (caso dos energéticos, após a segunda crise do petróleo), no final dos anos 70, incentivados por políticas públicas de apoio às exportações e de substituição de importações.

Além disso, os produtos direcionados ao mercado externo possuem, no caso de país tomador de preços internacionais, demandas elásticas. Neste caso, os ganhos advindos da adoção de tecnologia redutora de custos são totalmente incorporados pelos

³³ Araújo (1996) mostra que a evolução da produção de frango no Brasil apresentou uma taxa anual de crescimento da ordem de 18,7% aa. na década de 70, taxa esta que se reduziu para 4,3% no período 80/85. A expansão verificada na década de 70 deveu-se, principalmente, à importação de tecnologia, como as linhagens de maior produtividade, por exemplo.

produtores, caso não ocorra algum tipo de confisco, pelo governo, tais como impostos ou sobrevalorização cambial, por exemplo.

A tendência de taxas de crescimento maiores para a produção animal até 1980 e para a produção vegetal a partir desta data se verifica em todas as regiões do País, com destaque para as regiões Sudeste e Centro-Oeste, que apresentam respectivamente, entre 1980/85, taxas de crescimento da ordem de 11,7% e 8,0% para a produção vegetal. Estes valores foram influenciados na região Sudeste pelo desenvolvimento de culturas como cana-de-açúcar e cítricos, principalmente, e na Região Centro-Oeste pela soja.

A inversão verificada no direcionamento do viés de produção advindo de mudança tecnológica, a partir de 1980, pode ser resultado das pesquisas agrícolas desenvolvidas ao longo da década de 70. A pesquisa agrícola no Brasil ganhou especial impulso, a partir de 1973, com a criação da EMBRAPA. Porém, de acordo com Evenson (1983), o lapso de tempo entre a geração de uma tecnologia e sua adoção é de pelo menos três anos, ao passo que o hiato temporal médio entre a publicação da pesquisa e a adoção máxima pelos produtores pode chegar a sete anos.

Assim, a década de 80 se apresenta como a principal beneficiária dos resultados das pesquisas agrícolas levadas a cabo na década anterior, o que explica a mudança de viés de produto acima diagnosticada.

Ademais, como mostraram Bonelli & Pessoa (1998), a modernização agrícola brasileira baseou-se em mudanças na composição das colheitas pela diversificação, incorporação de novas tecnologias e em modificações na estrutura e na organização dos fatores de produção. Para eles, a mais notável mudança, no que toca à diversificação de culturas, ocorreu na composição da produção na direção de culturas caracterizadas por mercado em forte expansão no comércio internacional, com destaque para a soja. Sendo que, na década de 80, em particular, os ganhos de produtividade explicam cerca de 75% do aumento da produção agrícola.

A partir da equação (12) - ver p.45 - e utilizando os parâmetros estimados da tabela 4 e os valores médios de produções e preços do apêndice C, foram obtidos os valores para as elasticidades de demanda de fatores com respeito às quantidades de produtos (e_{li}). Tais elasticidades encontram-se na Tabela 9.

Tabela 9 Elasticidades de demanda de fatores em relação às quantidades de produtos. Brasil, 1970/85.

	70/75	75/80	80/85	70/85
e_{LA}	0,5108	0,5193	0,4820	0,4957
e_{TA}	-0,8357	-1,3542	-1,4063	-1,0649
e_{KA}	0,5335	0,5477	0,5275	0,5305
e_{LV}	0,5593	0,5645	0,6038	0,5813
e_{TV}	0,3056	0,2375	0,2767	0,2994
e_{KV}	0,4518	0,4642	0,5059	0,4789

Fonte: Dados da Pesquisa. Valores calculados usando a equação (12), os parâmetros estimados da tabela 4 e os valores médios de produções e preços do apêndice C.

Constata-se, em geral, a ocorrência de uma demanda inelástica para todos os fatores de produção, para os dois setores da agricultura brasileira, em todo o período analisado, exceção feita à elasticidade da demanda de terras em relação à produção animal (e_{TA}), a partir de 1975, quando passa a apresentar um valor absoluto maior que a unidade.

Ademais, além de elástica, as e_{TA} foram todas negativas, indicando que o aumento na produção animal pode se verificar com uma menor utilização do fator terra, ou seja, indicando que esse fator seria inferior.

De fato, pode-se pensar que o crescimento das atividades ligadas à suinocultura, ao confinamento de gado e, principalmente, à avicultura reduzem a necessidade deste fator na sua produção. Acrescente-se a isto as relações de substituição existentes entre o fator terra e os fatores trabalho e capital encontradas por Reis & Teixeira (1995) para a pecuária leiteira, que revelaram para esta atividade um uso mais intensivo de trabalho, capital e alimentação à medida que o fator terra se tornava mais escasso.

Os demais valores de e_{LA} (elasticidades da demanda de trabalho e de capital em relação à produção animal) apresentaram-se positivos e menores que a unidade, refletindo a possibilidade de acréscimos percentuais na produção animal serem obtidos a partir de menores acréscimos percentuais nas utilizações dos fatores trabalho e capital. Como todos os valores de e_{LV} (elasticidades da demanda de trabalho, terra e capital em relação à

produção vegetal) foram positivos e menores que a unidade, cada aumento de 1% na produção vegetal exige aumentos menores que 1% nas utilizações dos fatores considerados (isto é, 0,58% de trabalho; 0,30% de terra; e 0,48% de capital, considerando os valores de e_{IV} do período total).

Ainda relativamente às elasticidades de demanda de fatores com respeito à produção (e_{II}), pode-se notar que os valores encontrados para a produção vegetal, relativamente ao fator trabalho são sempre superiores aos da produção animal, ocorrendo o contrário quanto ao fator capital. Isto indica uma demanda do fator trabalho na atividade pecuária mais inelástica que na produção vegetal. Ou seja, relativamente, pode-se obter acréscimos percentuais na produção animal via acréscimos percentuais menores nesse fator que na atividade agricultura. Raciocínio inverso deve ser aplicado quanto à utilização do fator capital nas atividades consideradas.

A Tabela 10 apresenta os vieses de mudança tecnológica no espaço dos insumos (B_I^e) medidos de acordo com a equação (15) - ver p.46 - e usando os valores das tabelas 4 e 6. Como mostrado anteriormente, este valor se compõe do somatório de três termos, onde o primeiro (B_I) mede o viés atribuído a um deslocamento do caminho de expansão, o segundo termo (B_{IA}) mede o efeito escala devido à produção animal e o terceiro (B_{IV}) mede o efeito escala associado à produção vegetal.

Como mostra Albuquerque (1986), os estudos precursores a respeito de progresso tecnológico procuravam medir o efeito da mecanização sobre o nível de emprego e, consequentemente, sobre a participação do trabalho na renda gerada pelo sistema econômico. Portanto, tais discussões se concentraram em classificar os tipos de mudança tecnológica segundo seu efeito sobre as parcelas atribuídas aos fatores de produção.

Neste contexto, um dos tipos de classificação amplamente utilizado é o de Hicks, cujo conceito de neutralidade da mudança tecnológica requer a constância das parcelas relativas dos fatores no custo total ao longo de uma trajetória onde a proporção capital/mão-de-obra seja constante. Desta forma, a derivada da equação de parcela de custo com relação ao tempo (B_I) produz estimativas dos vieses de Hicks, ou seja,

estimativas de como as parcelas de custo dos fatores teriam evoluído na ausência de efeitos de escala (Albuquerque, 1987).

Tabela 10 Viéses de mudança tecnológica no espaço dos insumos. Brasil, 1970/85.

	l	B_l	B_{lA}	B_{lV}	B_l^e
70/75	L	0,0311	-0,0233	-0,0063	0,0015
	T	-0,1554	0,1285	0,0121	-0,0148
	K	0,0257	-0,0259	0,0015	0,0013
75/80	L	0,0008	0,0041	0,0012	0,0061
	T	0,0282	-0,0364	-0,0036	-0,0118
	K	-0,0078	0,0048	-0,0003	-0,0033
80/85	L	0,0156	0,0194	0,0046	0,0396
	T	-0,0340	-0,1799	-0,0150	-0,2289
	K	-0,0086	0,0242	-0,0013	0,0143
70/85	L	0,0158	-0,0003	-0,0001	0,0154
	T	-0,0537	0,0023	0,0002	-0,0512
	K	0,0031	-0,0004	0,0000	0,0027

Fonte: Dados da Pesquisa. Calculados usando as expressões (13a), (14) e (15), os valores das tabelas 4, 5 e 6, e os dados do apêndice C.

A análise dos resultados encontrados para B_l , para o período total (70/85), mostra uma utilização mais intensa de trabalho e capital e um viés de Hicks poupador de terra na agropecuária brasileira.

Já quando se considera cada período, pode-se observar que, enquanto B_L foi sempre positivo (viés utilizador do fator), B_K apresentou-se positivo apenas entre 1970/75. Porém, o viés utilizador do fator capital neste período (de 2,6%aa.) foi bem superior aos valores negativos dos períodos subsequentes (de -0,78%aa. e -0,86%aa., respectivamente), fazendo com que B_K mantivesse sinal positivo (de 0,31%aa.) no período total, indicando um viés deslocador do caminho de expansão em direção à utilização do fator capital.

O fator terra apresenta uma redução acentuada de sua parcela no custo no período 70/75, situação que se reverte entre 75/80 e que torna a se inverter no período 80/85, implicando numa alternância no tipo de viés deslocador do caminho de expansão, ora no sentido de poupar o fator, ora no sentido de utilizá-lo. Isto resulta, no período total analisado, em um viés poupador do fator da ordem de 5,1% ao ano.

Ao se considerar os efeitos escala para o período total, pode-se notar que, relativamente à produção animal (B_{IA}), os mesmos atuaram no sentido de poupar trabalho e capital e utilizar terra; por outro lado, relativamente à produção vegetal (B_{IV}), os mesmos foram utilizadores de terra e poupadores de trabalho. O efeito escala da produção vegetal foi neutro em relação ao fator capital ($B_{KV} = 0$).

Entretanto, a pequena magnitude destes valores não permitiu uma reversão da tendência observada para B_I , fazendo com que o viés de mudança tecnológica no espaço dos insumos (B_I^e) seguisse a tendência ditada pelos vieses deslocadores do caminho de expansão (vieses de Hicks), isto é, pelas variações nas parcelas relativas de custo dos fatores ao longo do tempo.

Destarte, os vieses de mudança tecnológica no espaço dos insumos apresentaram-se como utilizadores de trabalho e capital e poupadores de terra, para os dois subsectores da agropecuária brasileira analisados, entre 1970 e 1985.

Dentre os subperíodos analisados, pode-se notar que esta mesma tendência só não se verifica em relação a B_K^e , para o período 1975/80, quando o viés de mudança tecnológica foi poupador do fator capital em 0,3% ao ano. Esse valor negativo foi determinado pela magnitude da redução da parcela do fator no período ($B_K = -0,78\%$). O resultado, que a princípio pode parecer contrário ao senso comum, uma vez que a política governamental de subsídios nos preços do fator (principalmente máquinas e fertilizantes)³⁴ buscava aumentar o uso do mesmo, não o é, devido à inelasticidade da demanda de capital em relação a seu preço³⁵. Com isto, o aumento proporcional na quantidade demandada do fator é menor que a redução proporcional em seu preço, o que implica em redução do dispêndio total com o fator, isto é, a parcela relativa do fator no custo total diminui.

³⁴ Ver Santos (1986, p.119).

³⁵ Dias (1982) estimou em - 0,6585 a elasticidade-preço da demanda de capital (η_{KK}) na agricultura brasileira, entre 1970 e 1975.

5.3 Comparação dos vieses nas regiões Sul/Sudeste e Norte/Centro-Oeste

Diagnosticada a presença de vieses de produção e de uso de fatores em nível de Brasil, analisa-se, em seguida, a presença desses vieses em duas regiões selecionadas do País: uma desenvolvida e a outra de fronteira.

Para a estimação conjunta das equações (6) e (7) - ver p.40 - referentes às Regiões Sul/Sudeste (desenvolvida) e Norte/Centro-Oeste (fronteira), utilizou-se de procedimentos análogos aos descritos no item anterior, com duas diferenças básicas: (i) os dados de cada região foram compostos de cada Unidade da Federação pertencente à região, porém com as informações referentes a cada Estado divididas em três estratos de área total (já definidos anteriormente). Assim, a região desenvolvida contou com 84 observações (produto de 7 Estados, por 3 estratos, por 4 anos censitários) e a região de fronteira com 96 observações (8 x 3 x 4); (ii) além das variáveis componentes da estrutura do modelo do item anterior (ver equações (6) e (7)), foram acrescentadas nos modelos regionais as variáveis *dummies* D1 e D2, a fim de captar possíveis alterações dos custos de produção e das parcelas referentes aos fatores dentro dos custos de produção determinadas por diferenças entre os estratos de área. Estas variáveis foram definidas como fixas no modelo, e desta forma o estrato I foi definido como base, atribuindo-se o valor zero para as duas variáveis binárias (D1=D2=0); para o estrato II a variável D1 foi igual a 1 e D2 igual a zero (D1=1 e D2=0); e finalmente para o estrato III, D1 foi igual a zero e D2 igual a 1 (D1=0 e D2=1).

Da mesma forma que no item 5.2, primeiramente, as equações (6) e (7) foram estimadas por mínimos quadrados ordinários e os valores de R^2 e “F” foram 98%, 85%, 84% e 214,6; e 99%, 80%, 80% e 285,8, respectivamente, para as equações de custo total, parcela de trabalho e parcela de terra nas regiões desenvolvida e de fronteira (Tabela 11).

Após esta checagem, o sistema de equações de cada região foi reestimado usando mínimos quadrados iterativo em três estágios e os resultados encontrados para as regiões desenvolvida e de fronteira são apresentados nas Tabelas 12 e 13, respectivamente.

Tabela 11 Resultados de R^2 e F para as equações de custo total e de parcelas de custo estimadas por Mínimos Quadrados Ordinários por regiões.

	Região Desenvolvida		Região de Fronteira	
	R^2	F	R^2	F
Equação de custo total	98%		99%	
Equação de parcela de trabalho	85%	241,6	80%	285,8
Equação de parcela de capital	84%		80%	

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 12 Coeficientes do modelo estimado por mínimos quadrados iterativo em 3 estágios. Região Sul/Sudeste, 1970 - 85.

Parâmetro	Coeficiente	Parâmetro	Coeficiente	Parâmetro	Coeficiente
α_0	4,0864*	δ_{LL}	0,1354	ρ_{VT}	-0,0292
α_A	-0,6812**	$\delta_{LT} = \delta_{TL}$	-0,0783**	ρ_{VK}	-0,0708
α_V	0,3204	$\delta_{LK} = \delta_{KL}$	-0,0571**	μ_{At}	0,0169
β_L	0,9561*	δ_{TT}	0,1490***	μ_{Vt}	-0,0957
β_T	0,0270	$\delta_{TK} = \delta_{KT}$	-0,0707*	v_{Lt}	0,0894*
β_K	0,0169	δ_{KK}	0,1278*	v_{Tt}	-0,0164
ε_t	0,8462*	ρ_{AL}	-0,2136*	v_{Kt}	-0,0730*
γ_{AA}	0,1290	ρ_{AT}	0,0502	ε_{tt}	-0,5716*
$\gamma_{AV} = \gamma_{VA}$	0,0012	ρ_{AK}	0,1634**	D1	0,3753***
γ_{VV}	0,1216	ρ_{VL}	0,1000	D2	0,2355

Fonte: Dados da Pesquisa; onde *, **, ***, indicam graus de significância de 1, 5 e 10%, respectivamente. O modelo estimado é idêntico ao aplicado para o País, acrescido apenas de duas variáveis dummy.

Tabela 13 Coeficientes do modelo estimado por mínimos quadrados iterativo em 3 estágios. Região Norte/Centro-Oeste, 1970 - 85.

Parâmetro	Coeficiente	Parâmetro	Coeficiente	Parâmetro	Coeficiente
α_0	1,0002***	δ_{LL}	0,2276*	ρ_{VT}	-0,0404**
α_A	-0,1902	$\delta_{LT} = \delta_{TL}$	-0,0944*	ρ_{VK}	-0,0599***
α_V	0,3343	$\delta_{LK} = \delta_{KL}$	-0,1332*	μ_{At}	-0,1105
β_L	0,5875*	δ_{TT}	0,1794*	μ_{Vt}	-0,0840
β_T	0,0430	$\delta_{TK} = \delta_{KT}$	-0,0850*	v_{Lt}	0,0586**
β_K	0,3695*	δ_{KK}	0,2182	v_{Tt}	0,0441*
ε_t	2,1953*	ρ_{AL}	-0,0989**	v_{Kt}	-0,1027*
γ_{AA}	0,0608	ρ_{AT}	0,0308	ε_{tt}	-1,5459*
$\gamma_{AV} = \gamma_{VA}$	-0,0179	ρ_{AK}	0,0681**	D1	-0,0011
γ_{VV}	0,2632*	ρ_{VL}	0,1003*	D2	0,3582

Fonte: Dados da Pesquisa; onde *, **, ***, indicam graus de significância de 1, 5 e 10%, respectivamente. O modelo estimado é idêntico ao aplicado para o País, acrescido apenas de duas variáveis dummy.

Dos 30 coeficientes estimados em cada região, 7 estimativas não foram maiores que seu respectivo desvio padrão na região desenvolvida e 8 na região de fronteira.

Quanto as variáveis binárias, apenas D1 apresentou-se significativa a até 10% de probabilidade na função custo total da região desenvolvida. Porém, para as equações de parcelas de custo, tanto D1 como D2 foram significativas a até 1% de probabilidade na região de fronteira, tanto para trabalho quanto para terra; e, D2 foi significativa a até 5% para a parcela de trabalho e D1 e D2 significativas a 5% e 1%, respectivamente, para a parcela de terra na região desenvolvida.

Isto mostra que, conquanto as estruturas de custo total não sejam significativamente diferentes entre estratos de grupos de área total, as parcelas de custo dos fatores o são e o tamanho de área total da propriedade afeta significativamente as participações relativas de cada fator de produção no custo total.

A partir da aplicação do teste de separabilidade insumo-produto já descrito anteriormente, constatou-se que em ambas as regiões rejeita-se a hipótese nula a até 1% de probabilidade, dado que os valores de “F” calculados foram 4,11 e 5,26 para as regiões desenvolvida e de fronteira, respectivamente³⁶. Isto significa que nas duas regiões, as taxas marginais de substituição técnica entre pares de insumos não são independentes da composição da produção agropecuária e também que a taxa marginal de transformação entre dois produtos não é independente da composição dos insumos.

Porém, ao se testar a neutralidade da mudança tecnológica, a hipótese nula de mudança tecnológica Hicks-neutra só pode ser rejeitada para a região de fronteira, onde “F” calculado foi da ordem de 4,24 (significativo a 1% de probabilidade). Entretanto, na região desenvolvida, como “F” calculado foi apenas 0,42 não se pode rejeitar a hipótese nula e, portanto, não se pode afirmar que a mudança tecnológica tenha sido viesada no espaço dos produtos, dos insumos ou em ambos, nesta região.

³⁶ Os valores críticos de F_0 tal que $P(F > F_0) = 0,01$; para 8 graus de liberdade do numerador e 60 graus de liberdade do denominador é 2,82.

As condições de monotonicidade positiva em preços foram testadas a partir da substituição dos valores médios observados para cada uma das variáveis das equações de parcelas de custo apresentadas nas Tabelas 14 e 15.

Tabela 14 Equações de parcelas de custo dos fatores de produção. Região desenvolvida, 1970/85

Estrato	S_i	β_i	δ_{iL}	δ_{iT}	δ_{iK}	ρ_{Ai}	ρ_{Vi}	v_{it}
I	S_L	0,9561*	0,1354	-0,0783***	-0,0571**	-0,2136*	0,1000	0,0894*
	S_T	0,0271		0,1490***	-0,0707*	0,0502	-0,0292	-0,0164
	S_K	0,0168			0,1278*	0,1634**	-0,0708	-0,0730*
II	S_L	0,9287	0,1354	-0,0783***	-0,0571**	-0,2136*	0,1000	0,0894*
	S_T	0,1321**		0,1490***	-0,0707*	0,0502	-0,0292	-0,0164
	S_K	-0,0608			0,1278*	0,1634**	-0,0708	-0,0730*
III	S_L	0,7430**	0,1354	-0,0783***	-0,0571**	-0,2136*	0,1000	0,0894*
	S_T	0,2818*		0,1490***	-0,0707*	0,0502	-0,0292	-0,0164
	S_K	-0,0248			0,1278*	0,1634**	-0,0708	-0,0730*

Fonte: Dados da Pesquisa. *, **, *** indicam significativo a até 1%, 5% e 10% de probabilidade, respectivamente.

Tabela 15 Equações de parcelas de custo dos fatores de produção. Região de fronteira, 1970/85

Estrato	S_i	β_i	δ_{iL}	δ_{iT}	δ_{iK}	ρ_{Ai}	ρ_{Vi}	v_{it}
I	S_L	0,5875*	0,2276*	-0,0945*	-0,1331*	-0,0989**	0,1003*	0,0586**
	S_T	0,0430		0,1794*	-0,0849*	0,0308	-0,0404**	0,0441*
	S_K	0,3695*			0,2180	0,0601**	-0,0599***	-0,1027*
II	S_L	0,4116*	0,2276*	-0,0945*	-0,1331*	-0,0989**	0,1003*	0,0586**
	S_T	0,1870*		0,1794*	-0,0849*	0,0308	-0,0404**	0,0441*
	S_K	0,4014*			0,2180	0,0601**	-0,0599***	-0,1027*
III	S_L	0,1751*	0,2276*	-0,0945*	-0,1331*	-0,0989**	0,1003*	0,0586**
	S_T	0,3790*		0,1794*	-0,0849*	0,0308	-0,0404**	0,0441*
	S_K	0,4459*			0,2180	0,0601**	-0,0599***	-0,1027*

Fonte: Dados da Pesquisa. *, **, *** indicam significativo a até 1%, 5% e 10% de probabilidade, respectivamente.

Verificou-se que todas as parcelas de custo de fatores são positivas, o que implica em satisfação da propriedade de que a função custo seja não decrescente em preços, em ambas as regiões.

O mesmo não se verifica para a monotonicidade positiva da função custo relativamente à produção animal nas duas regiões, como se depreende da análise das elasticidades-custo da produção apresentadas na Tabela 16.

Tabela 16 Elasticidades custo da produção animal e vegetal nas Regiões Desenvolvida e de Fronteira, 1970/85

	Região Desenvolvida						Região de Fronteira					
	ECQ _A			ECQ _V			ECQ _A			ECQ _V		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
70/75	-0,151	-0,023	-0,161	0,671	0,850	0,879	-0,172	-0,121	-0,118	1,095	1,310	1,339
75/80	-0,111	0,024	-0,108	0,627	0,821	0,868	-0,208	-0,185	-0,175	1,088	1,335	1,408
80/85	-0,061	0,046	-0,093	0,612	0,819	0,879	-0,250	-0,221	-0,207	1,118	1,437	1,575
70/85	-0,106	0,011	-0,127	0,642	0,835	0,879	-0,206	-0,172	-0,163	1,103	1,364	1,444

Fonte: Dados da Pesquisa. Valores calculados por processo análogo ao explicitado na tabela 6.

Os valores das elasticidades-custo da produção para a pecuária (produção animal) foram sempre negativos nas duas regiões, exceto para o extrato II da região desenvolvida, que os apresenta positivos para os períodos 75/80, 80/85 e para o período total (70/85). Esses valores negativos apontam para a possibilidade de aumentar a produção reduzindo seu custo total, fazendo com que o custo de produção seja decrescente relativamente à produção animal.

Em relação à produção vegetal, todos os valores foram positivos e menores que a unidade na região desenvolvida e positivos e maiores que a unidade na região de fronteira.

As condições de curvatura da função custo, isto é, de concavidade em relação aos preços dos fatores e convexidade em relação às produções foram atendidas em ambas as regiões, dado que os hessianos da matriz de C em relação aos preços dos fatores foram não positivos ($H_{PP} \leq 0$) e os hessianos da matriz de C em relação à produção foram não negativos ($H_{QQ} \geq 0$).

A despeito do não atendimento da condição de monotonicidade positiva na produção animal e da não rejeição da hipótese de neutralidade de Hicks na região

desenvolvida³⁷, os parâmetros dos modelos estimados foram utilizados para os cálculos dos vieses de mudança tecnológica nas produções e no uso dos fatores de produção considerados.

A Tabela 17 apresenta as taxas de crescimento dos custos marginais das produções animal e vegetal e suas respectivas medidas de vieses, calculadas conforme a equação (4) - ver p.41.

Os resultados encontrados para o agregado dos estratos (isto é, para o todo de cada região) apontam para a ocorrência de um viés de produção em direção à produção animal (pecuária) na região desenvolvida (Sul/Sudeste) e em direção à produção vegetal na região de fronteira (Norte/Centro-Oeste), no período 1970 a 1985, dado que $B_{AV}^Q = -0,0148$ e $0,0592$ respectivamente. Estes valores indicam que o viés em direção à produção animal foi da ordem de 1,48% aa. na região desenvolvida e de 5,92% aa. em direção à produção vegetal na região de fronteira, entre 1970 e 1985.

Isto significa que a mudança tecnológica direcionou-se favoravelmente à produção animal (ou contra a produção vegetal), na região desenvolvida, através de um movimento do caminho de expansão, da magnitude de 1,48% ao ano. Um movimento contrário e mais intenso, que o anteriormente descrito, foi observado na região de fronteira, onde o caminho de expansão desloca-se em direção à produção vegetal a uma taxa próxima a 6% ao ano.

A análise dos vieses de produção, por estrato e por região, mostra que, na região de fronteira, eles se direcionaram para a produção vegetal em todos os 3 estratos e em todos os períodos considerados (B_{AV}^Q positivos). Provavelmente, isto se deveu a expansão da agricultura na região Centro-Oeste, no período analisado, em áreas anteriormente de predomínio da pecuária bovina extensiva.

³⁷ Quando qualquer característica da função custo não se verifica, não se pode afirmar que a função atende a todas as suas propriedades e, no caso, não se pode afirmar que os custos são minimizados. Além disso, a não rejeição da hipótese de neutralidade de Hicks, não permite afirmar que os vieses encontrados sejam estatisticamente diferentes de zero, nesta região específica.

Tabela 17 Taxas de crescimento do custo marginal das produções animal e vegetal e vieses de produção nas Regiões desenvolvida e de fronteira, 1970/85. (Valores em percentagens).

Período	Estrato	Região Desenvolvida			Região de Fronteira		
		G(CMg _A)	G(CMg _V)	B_{AV}^Q	G(CMg _A)	G(CMg _V)	B_{AV}^Q
70/75	I	-1,65	-1,30	-0,35	10,50	-5,88	16,38
	II	-10,60	2,15	-12,75	19,23	-1,60	20,83
	III	6,34	6,52	-0,18	30,41	9,92	20,50
75/80	I	-4,16	-2,65	-1,51	11,52	-2,41	13,93
	II	12,12	-2,39	14,51	13,10	-3,49	16,59
	III	-6,17	-3,63	-2,54	7,37	-6,09	13,46
80/85	I	-23,40	-21,05	-2,35	10,98	-0,05	11,03
	II	-9,05	-18,36	9,31	13,33	0,40	12,93
	III	-19,47	-17,80	-1,67	18,46	5,11	13,35
70/85	I	-7,57	-6,75	-0,82	3,78	-1,79	5,57
	II	4,82	-5,07	9,89	6,08	-0,75	6,83
	III	-4,88	-4,03	-0,85	8,99	3,54	5,45
Região Total (70/85)		-6,75	-5,27	-1,48	6,23	0,31	5,92

Fonte: Dados da Pesquisa. G(CMg_i) é calculado através da fórmula (11) usando os dados de μ_{it} das tabelas 15 e 16 e G(CMe_i) do apêndice D. B_{AV}^Q é calculado através da fórmula (4).

Na região desenvolvida houve certa alternância destes vieses, isto é, no período 70/75, os vieses de produção gerados por mudança tecnológica, se direcionaram para a produção animal, nos 3 estratos, com a maior taxa ocorrendo no estrato II (12,75%a.a.). Porém, nos períodos subsequentes há uma certa mudança nesta tendência, pois tanto entre 75/80, 80/85 e também no período total (70/85), o viés de produção no estrato II passa a ser direcionado à produção vegetal a taxas anuais de 14,51%, 9,31% e 9,90% respectivamente. Tanto no estrato menor (I), quanto no maior (III), continua a ocorrer, durante todo o período, vieses de produção voltados para a produção animal e contra a produção vegetal. Provavelmente, no estrato II predominou a maior parte dos

estabelecimentos que se dedicaram à expansão da soja, cana-de-açúcar e cítricos da região desenvolvida.

Essa alternância de direcionamento dos vieses entre estratos de área na região desenvolvida pode ter sido a responsável pela mudança tecnológica Hicks-neutra encontrada através do teste de neutralidade citado anteriormente, principalmente devido a grande importância do estrato II no valor da produção total desta região desenvolvida (na região Sul o estrato II respondeu por cerca de 50% do valor da produção total e na região Sudeste por cerca de 34%, em todo o período).

Os cálculos da elasticidades de demanda de fatores com respeito às quantidades de produtos, apresentadas na Tabela 18, foram obtidos pela aplicação da equação (12), de modo análogo ao anteriormente empregado.

Tabela 18 Elasticidades de demanda de fatores com respeito às quantidades de produtos. Regiões desenvolvida e de fronteira, 1970/85

e_{hi}	Região Desenvolvida				Região de Fronteira			
	I	II	III	Total da Região	I	II	III	Total da Região
e_{LA}	-0,5281	-0,4109	-0,5491	-0,5755	-0,3392	-0,3321	-0,4138	-0,3494
e_{TA}	0,4214	0,5386	0,4004	0,1596	0,4327	0,1143	-0,0230	0,0653
e_{KA}	0,3037	0,4209	0,2827	0,3811	0,1214	0,0752	0,0138	0,0547
e_{LV}	0,8396	1,0322	1,0766	1,0200	1,2376	1,5263	1,6981	1,4748
e_{TV}	0,3352	0,5278	0,5722	0,6494	0,2646	0,9885	1,2602	0,9612
e_{KV}	0,4644	0,6570	0,7014	0,5880	0,8145	1,1465	1,2882	1,0966

Fonte: Dados da Pesquisa. Valores calculados usando a equação (12), os parâmetros estimados nas tabelas (12) e (13), e os valores médios de produções e preços do apêndice C.

Da mesma forma que o encontrado para o País como um todo, os resultados para as duas regiões apresentam valores positivos e menores que a unidade para as e_{hi} , exceções feitas às elasticidades da demanda de trabalho em relação à produção animal que apresentou-se menor que a unidade, porém negativa; e as elasticidades da demanda de trabalho em relação à produção vegetal, que apresentou-se positiva, porém maior que a unidade, nos períodos 75/80, 80/85 e 70/85, na região desenvolvida e em todos os períodos analisados, na região de fronteira.

Os resultados distintos apresentados na tabela 18 (para as regiões desenvolvida e de fronteira) e na tabela 9 (para todo o Brasil) referentes ao sinal de e_{LA} e e_{TA} se devem, em parte, à importância da região Nordeste na agropecuária brasileira. Essa região utiliza mais intensivamente o fator trabalho do que o fator terra. Prova disto, é a importância relativamente maior do trabalho e relativamente menor da terra no custo de produção no Nordeste em relação às outras regiões do Brasil (ver valores de S_L e S_T no apêndice C).

Quanto aos vieses de mudança tecnológica no espaço dos insumos, apresentados na Tabela 19, estes apontam para a ocorrência de vieses utilizadores de terra e capital e poupadores de trabalho na região desenvolvida e utilizadores de terra e poupadores de trabalho e capital na região de fronteira.

Os valores encontrados apontam para altas taxas de utilização do fator terra nas duas regiões, entre 1975 e 1985, principalmente na região de fronteira e uma relativamente alta taxa de poupança do fator trabalho na região desenvolvida.

Tabela 19 Vieses de mudança tecnológica no espaço dos insumos. Regiões desenvolvida e de fronteira, 1970/85.

Região desenvolvida					Região de fronteira			
I	B_I	B_{LA}	B_{IV}	B_I^e	B_I	B_{LA}	B_{IV}	B_I^e
L	0,0030	-0,0193	-0,0008	-0,0171	0,0111	-0,0166	-0,0023	-0,0078
T	0,0145	0,0386	0,0021	0,0552	0,0418	0,0333	0,0060	0,0812
K	-0,0039	0,0123	0,0005	0,0089	-0,0331	0,0212	0,0026	-0,0094

Fonte: Dados da Pesquisa. Calculados de maneira análoga à expressa na tabela 10.

O resultado encontrado, para a região desenvolvida - de ocorrência de viés utilizador de terras - não parece coerente, quando comparado com o resultado observado para o País como um todo. Porém, deve-se ressaltar que, os resultados encontrados para esta região devem ser analisados com cautela, em razão do teste de neutralidade de Hicks ter se apresentado não significativo, como descrito anteriormente.

5.4 Taxa de progresso técnico: enfoque dos números índices *versus* enfoque econométrico

A estimação da taxa de progresso técnico via enfoque dos números índices representa uma alternativa de cálculo desse parâmetro que pode ser usada para comparação com a taxa obtida por estimação econométrica (item c dos objetivos específicos do presente estudo).

Como explicitado anteriormente, a taxa de mudança tecnológica, entre 1970/85, obtida econometricamente, foi da ordem de 4,36% ao ano para todo o Brasil³⁸ (calculada através do coeficiente de ε_t da Tabela 4, através da fórmula: $[\sqrt[N]{e^{\varepsilon_t}} - 1]$ apresentada no item 4.3). Já a taxa calculada a partir de números índices ficou em 3,92% ao ano (Tabela 20), para o mesmo período.

A despeito de não haver grande diferença entre as duas estimativas - dado que em ambas a taxa anual de mudança tecnológica, da agropecuária brasileira, ficou em torno de 4%, entre 1970 e 1985 - um fato significativo deve ser ressaltado. Enquanto no enfoque dos números índices considera-se as quantidades físicas produzidas de cada bem considerado no estudo; no enfoque econométrico considera-se o valor de todos os bens produzidos em cada período (transformados em índices de quantidade), dado não ser possível somar quantidades físicas de bens medidas em diferentes unidades.

Tabela 20 Taxas anuais de crescimento das produtividades parciais do trabalho, da terra e da produtividade total dos fatores agregados. Brasil, 1970 - 85.

Fator \ Período	1970/75	1970/80	1970/85
Trabalho	7,15	4,89	5,41
Terra	6,26	5,04	5,15
Fatores Agregados	1,68	2,03	3,92
Produção	7,56	5,68	5,46

Fonte: Dados da Pesquisa, expressos em percentagem.

³⁸ Essa taxa foi de 5,80% para a região desenvolvida e de 15,76% para a região de fronteira.

Observando a tabela 20, constata-se que as taxas anuais de crescimento da produção agropecuária do País caem de 7,56% no quinquênio 1970/75 para 3,83% entre 1975/80 e elevam-se, novamente, entre 1980/85 para 5,02%; enquanto que, as taxas anuais de crescimento da produtividade total dos fatores agregados crescem de 1,68% entre 1970/75 para 2,38%, entre 1975/80, elevando-se para 7,81% no último quinquênio considerado nesse estudo.

Para obter estimativas das produtividades da terra e do trabalho no País, aplicou-se as mesmas fórmulas de números índices explicitadas no Apêndice A (equação 1A) e, para o cálculo da produtividade total utilizou-se a equação (16) - ver p.53. Esses valores apresentaram significativas variações no período analisado.

Não obstante, em todo o período (de 1970 a 1985), a agropecuária brasileira apresentou expressivos ganhos de produtividade de seus fatores primários, além de alternância de magnitude relativa dos mesmos (tabela 20).

Assim, quando se consideram os períodos entre 1970/75 e o período total (1970/85), a taxa anual de crescimento da produtividade do trabalho é maior que a da terra (7,2% e 5,4% a.a. contra 6,3% e 5,2% a.a., respectivamente). Porém, no período compreendido entre 1970 e 1980 ocorre o inverso e a produtividade da terra apresenta uma taxa de crescimento anual, da ordem de 5% a.a., ligeiramente superior à do trabalho, conforme mostra a Tabela 20.

Esses resultados são bem próximos aos encontrados, para o Estado de São Paulo, por Silva & Carmo (1986). Estes autores calcularam estes mesmos índices, utilizando o mesmo método de Törnqvist para o período de 1956 a 1980, agregando 22 dos principais produtos da agricultura paulista. Seus resultados, para o subperíodo de 1968 a 1980, apresentam uma taxa de crescimento da produtividade da terra da ordem de 5,1% e do trabalho de 4,3% a.a. (ver Tabela 21).

Tabela 21 Taxas anuais de crescimento das produtividades parciais do trabalho, da terra e da produtividade total dos fatores. Brasil, 1968/85.

Fonte	Período	Índice de Törnqvist de Produtividade	Estimativa
Nossa Pesquisa ¹	1970/85	Trabalho	5,41
		Terra	5,15
		Total	3,92
Avila & Evenson ²	1970/85	Total	2,45
Gasques & Conceição ³	1976/85	Trabalho	5,05
		Terra	4,31
		Total	4,50
Silva & Carmo ⁴	1968/80	Trabalho	4,29
		Terra	5,08
		Total	2,88

Fonte: 1) Dados da Pesquisa; 2) Avila & Evenson (1995); 3) Gasques & Conceição (1997); e 4) Silva & Carmo (1986).

O mesmo pode ser dito, ao se comparar os resultados obtidos - para as produtividades do trabalho, da terra e total - por Gasques & Conceição (1997) com os do presente estudo. Estes autores utilizaram-se do índice de Törnqvist para mensurar a produtividade da agropecuária brasileira no período de 1976 a 1994 e seus resultados para as produtividades do trabalho e da terra foram ligeiramente inferiores e para a produtividade total foi ligeiramente superior aos do presente trabalho.

Por outro lado, o resultado aqui obtido para a produtividade total dos fatores de produção apresenta-se significativamente superior ao calculado por Avila & Evenson (1995) a despeito de ambos utilizarem a mesma fonte principal de dados, isto é, os Censos Agropecuários. Esta discrepância pode ser imputada às diferenças nas formas de agregação dos insumos - principalmente capital - e de cálculos dos seus respectivos preços (uma vez que a fórmula de Törnqvist considera como base de ponderação a participação de cada componente na relação orçamentária, sendo que essa participação é afetada pelos preços), além de diferenças nas quantidades de produtos consideradas em cada estudo, para o cálculo dos índices.

Porém, como se observa na Tabela 21, as estimativas obtidas para a produtividade total dos fatores, nos estudos citados, apresentam ampla variação em seus valores (de

2,45% a 4,50%). Isto se deve, principalmente, às diferenças nas quantidades de produtos consideradas, em cada estudo, para o cálculo dos índices.

Além disso, Silva & Carmo (1986) constataram grandes diferenças na mensuração dos índices de produtividades, no Estado de São Paulo, apenas por considerarem diferentes métodos de análise. As taxas de crescimento calculadas variaram de 2,8% (pelo método de Paasche) a 6,5% (método de Laspeyres) para a produtividade da terra e de 2,1% a 5,8%, para a produtividade do trabalho e de 0,07% a 4,33%, pelos mesmos respectivos métodos, para a produtividade total.

A comparação da taxa de crescimento anual da produtividade total da agropecuária brasileira, entre 70/75, com as taxas dos países da Comunidade Européia, entre 70/76, apresenta o Brasil com uma taxa superior à da França, Itália, Reino Unido e inferior às da Alemanha Ocidental, Dinamarca, Holanda, Bélgica/Luxemburgo e Irlanda³⁹.

³⁹ Ver Silva & Carmo (1986).

6 CONCLUSÕES

As mudanças tecnológicas na agropecuária brasileira têm se constituído em importantes elementos de transformações econômicas e sociais, através de seus impactos sobre o produto do setor e sua composição e também sobre o emprego e a renda dos fatores de produção utilizados na atividade.

Desta forma, o presente estudo procurou investigar os efeitos da mudança tecnológica sobre a composição da produção agropecuária e os efeitos que as modificações desta composição geraram sobre o uso dos fatores de produção utilizados na agropecuária brasileira entre 1970 e 1985.

O período de análise desta pesquisa foi circunscrito pela disponibilidade dos dados relativos à agropecuária brasileira. Até a data de conclusão do presente trabalho não se encontravam disponíveis os dados agregados para o Brasil do Censo Agropecuário 1995/96.

Além disso, o sistema misto de produção da agropecuária brasileira - caracterizado, geralmente, pela coexistência das atividades produção vegetal e produção animal em um mesmo estabelecimento agropecuário - somado à forma de disponibilidade dos dados censitários - que não permitem, por exemplo, a alocação do fator mão-de-obra para cada atividade específica - não permitiram que a função de custo total da agropecuária brasileira pudesse ser desmembrada para cada atividade, de modo a possibilitar uma análise mais específica dos viéses.

Isto é, a impossibilidade de dividir a função de custo total da agropecuária brasileira em funções de custo do subsetor produção vegetal e do subsetor produção animal, impossibilitou, por exemplo, a obtenção de medidas de viéses entre produtos

exportáveis, energéticos e domésticos no primeiro subsetor; e entre avicultura, suinocultura e bovinocultura no segundo.

Apesar disso, este estudo obteve as medidas de viéses entre os dois subsetores supra citados e seus impactos sobre a utilização dos fatores de produção, além de medidas de elasticidades-custo da produção e de demanda de fatores relativamente à produção de cada subsetor. Isto se constitui em certo avanço na compreensão dos impactos da tecnologia sobre a agropecuária brasileira no período aqui estudado.

A análise tabular dos dados de cada subsetor por grupos de área total (estratos) mostrou que a produção vegetal predominou no estrato de área total de até 10 ha (estrato I), enquanto que a produção animal assumiu essa predominância nos estratos superiores (grupos de área superiores a 10 ha), em termos de participação percentual da área com culturas e pastagens na área total explorada no País, entre 1970 e 1985. Além disso, no maior estrato considerado - grupos de área superiores a 100 ha - ocorreu um grande crescimento percentual da participação da área dedicada à produção vegetal e uma conseqüente e significativa redução desta participação relativamente à pecuária, no período supra citado.

Porém, conquanto estes dados indiquem uma ampliação da atividade produção vegetal neste estrato, eles não implicam em redução da atividade pecuária, pois houve, no período, um significativo aumento de área incorporada em todos os três estratos considerados (principalmente no terceiro).

Os resultados econométricos encontrados no presente estudo para a ocorrência de viéses de mudança tecnológica na agropecuária brasileira direcionaram-se favoravelmente à produção vegetal (subsetor agricultura) e contra a produção animal (subsetor pecuária) na magnitude de 5,49% ao ano, no período total de análise (1970/85). Ou seja, o movimento do caminho de expansão apresentou um deslocamento em direção à produção vegetal (e contra a produção animal) da ordem de 5,5% ao ano, devido à mudança tecnológica.

Porém, a divisão deste período de 15 anos em três subperíodos quinquenais permite uma análise mais acurada dos impactos da mudança tecnológica sobre a agropecuária brasileira.

Os valores encontrados para os dois primeiros subperíodos (70/75 e 75/80) apontaram para a ocorrência de viés de mudança tecnológica favorável à produção animal (pecuária) e contra a produção vegetal nas magnitudes de 8,45% e 10,32% ao ano, respectivamente; quadro que se inverteu drasticamente entre 1980/85, quando o viés de mudança tecnológica tornou-se favorável à produção vegetal na magnitude de 12,98% ao ano.

Estes resultados parecem refletir coerentemente a estrutura conjuntural da economia brasileira no período e corroborar, em parte, a primeira hipótese do presente estudo (acerca da expectativa de viés favorável ao subsetor de maior elasticidade de demanda por sua produção agregada).

Os anos 70 foram palco de um amplo espectro de acontecimentos que englobaram desde o período do chamado *milagre brasileiro*, o processo de endividamento, as duas crises do petróleo, que implicaram o processo de estagnação/ recessão/ inflação, característico dos anos 80.

Dentro deste contexto, grosso modo, pode-se caracterizar a década de 70 como um período de expansão na atividade econômica e conseqüente aumento da renda per capita nacional, que implicou em aumento da demanda de produtos com maiores elasticidades da demanda e da renda. Assim, os produtos de origem animal tiveram sua procura impactada relativamente aos produtos agrícolas de consumo doméstico. Essa pressão de demanda constituiu-se em incentivo de busca de inovações na produção destes bens.

Já os anos do primeiro quinquênio da década de 80, vão obter no setor agrícola uma forma de amortecer os impactos causados pela recessão dos demais setores da economia, através do incentivo à produção de bens que amenizassem os desequilíbrios das contas externas do País, causados, principalmente, pelo segundo choque do petróleo (1979) e pela alta das taxas de juros internacionais. Assim, a produção de energéticos - cana-de açúcar - substitutos do petróleo (responsável por parcela significativa da pauta de importações) e de produtos de exportação - soja, laranja, etc. - passaram a ser amplamente incentivadas por políticas governamentais.

Estes incentivos refletiram-se na demanda por melhores tecnologias de produção destes bens, tornando o viés de mudança tecnológica favorável à produção vegetal. Acrescente-se a isto o fato de que a estagnação econômica da primeira metade da década de 80 gerou redução na renda per capita nacional, impactando negativamente a produção de origem animal, que, à exceção da avicultura, sofreu severas restrições à colocação de seus produtos no mercado internacional devido a problemas fitossanitários como a febre aftosa e a peste suína, nos casos da bovinocultura e da suinocultura, respectivamente. Desta forma, a grande maioria da produção do subsetor pecuária se caracteriza por ser de consumo doméstico e, portanto, sujeitos à oscilações da conjuntura econômica interna.

O forte viés de mudança tecnológica direcionado à produção vegetal e contra a pecuária, entre 1980 e 1985, foi dominante no direcionamento do viés encontrado para o período total de análise.

Esses vieses de produção geraram impactos significativos na utilização dos fatores de produção considerados no estudo. Estes últimos apontam para a ocorrência de vieses utilizadores de mão-de-obra e capital e poupadores de terra no período 1970/85.

Apesar de, a primeira vista, o resultado encontrado no presente estudo - viés utilizador de trabalho ($B_L^e > 0$) - parecer contraditório quando comparado a estudos anteriores, como os de Santos (1986) e Muller & Martine (1997), entre outros, que constataram que a mudança tecnológica na agricultura brasileira se direcionou no sentido de poupar trabalho e terra e utilizar insumos modernos (como maquinaria e insumos químico-biológicos), ele não o é: (i) em primeiro lugar, este estudo considerou apenas três fatores de produção, onde os chamados insumos modernos encontram-se agregados na variável capital, cujo viés de uso do fator apresentou-se positivo no período, implicando na incidência de um viés de mudança tecnológica utilizadora do mesmo; (ii) em segundo lugar, a despeito de B_L^e ter sido positivo, seu valor de 0,0154 (ou 1,54% aa.) é bem inferior à taxa de crescimento da população rural no período, o que implica em liberação líquida de mão-de-obra da agropecuária para os demais setores; (iii) e, finalmente, o valor encontrado para B_L^e (somatório do viés de Hicks - B_L - e os efeitos escala) foi determinado pelo crescimento da parcela de trabalho no custo total (B_L) ao

longo do tempo (1,58% a.a.), o que reflete também o comportamento do preço do fator nesse resultado (além da quantidade do mesmo). O efeito escala devido à produção animal (B_{LA}) foi de - 0,03% ao ano, indicando que o aumento na escala de produção da pecuária permite uma liberação do fator mão-de-obra nesta magnitude; enquanto que, o efeito escala devido à produção vegetal (B_{LV}) foi de -0,01% a.a., indicando que a expansão dessa atividade também gera redução de uso desse fator nesta proporção.

Os efeitos-escala das duas atividades foram pouco significativos na determinação dos vieses de mudança tecnológica no espaço dos insumos, para todos os fatores considerados.

O alto valor negativo de B_T^e (viés de mudança tecnológica no uso do insumo terra), indicando a ocorrência de um viés poupador do fator terra da ordem de 5,12% aa., entre 1970/85, mostrou-se coerente com as indicações de estudos anteriores sobre a agropecuária brasileira. Segundo Bonelli & Pessoa (1998), por exemplo, as inovações originadas na EMBRAPA tiveram um viés para constituírem tecnologias poupadoras de terra.

Contudo, os resultados obtidos a nível de Brasil podem obscurecer situações distintas que ocorrem nas regiões que compõem o País. Assim, realizou-se a análise dos vieses de produção e de uso de fatores considerando duas regiões: a desenvolvida (que inclui os Estados do Sudeste e do Sul) e a de fronteira (que abrange os Estados do Centro-Oeste e Norte).

A análise dos resultados obtidos, para as regiões desenvolvida e de fronteira, dos vieses de produção e de fatores causados por mudança tecnológica foram bastante distintos. Constatou-se que, na região de fronteira, durante todo o período e subperíodos analisados e em todos os três estratos, os vieses de mudança tecnológica na produção foram sempre direcionados para a produção vegetal e contra a produção animal (pecuária); enquanto na região desenvolvida predominou a incidência de viés favorável à produção animal (pecuária) nos estratos I e III e em direção à produção vegetal (agricultura) no estrato II (apenas entre 70/75, o viés verificado neste estrato direcionou-se à pecuária).

Quanto aos vieses de mudança tecnológica no espaço dos insumos, para as médias dos três estratos, os resultados apontaram, para a região desenvolvida, a ocorrência de viés poupador de trabalho (1,71% aa.) e utilizador dos fatores terra (5,52% a.a.) e capital (0,89% a.a.), enquanto que, na região de fronteira, os vieses de mudança tecnológica atuaram no sentido de poupar trabalho (0,78% a.a.) e capital (0,94% a.a.) e utilizar o fator terra (8,12%).

Diferentemente do que ocorreu para o País como um todo, os efeitos-escala devidos às produções animal e vegetal foram importantes na determinação do valor do viés de mudança tecnológica no espaço dos insumos.

Na região desenvolvida, os efeitos-escala da produção animal (B_{IA}) determinaram a direção do viés de mudança tecnológica nos fatores, cujos valores foram da ordem de 1,93% aa. poupador de trabalho e 3,86% e 1,23% ao ano utilizador de terra e capital, respectivamente.

Os efeitos-escala devido à produção agrícola (B_{IV}), apesar de apresentarem valores baixos, tiveram sempre o mesmo sentido poupador/utilizador de B_{IA} (mesmo sinal).

Na região de fronteira, os efeitos-escala da produção animal também são sempre maiores que os da produção vegetal ($|B_{IA}| > |B_{IV}|$) e sinalizaram no mesmo sentido observado para a região desenvolvida, porém, na região de fronteira o viés atribuído a um deslocamento do caminho de expansão, para o fator capital, foi negativo e determinante no resultado encontrado para B_K^e (menor que zero, indicando poupança do fator), isto é, a parcela do fator no custo total reduziu-se ao longo do tempo.

A taxa de progresso técnico encontrada para o setor agropecuário brasileiro, entre 1970 e 1985, em torno de 4% ao ano (média dos valores obtidos pelos dois métodos de cálculo), mostra que este setor da economia brasileira apresentou expressivos ganhos de produtividade neste período, ganhos estes que cresceram ao longo do tempo. Além disso, esses ganhos de produtividade foram distintos entre as regiões, tendo sido bem maior na região de fronteira em relação a região desenvolvida.

A principal contribuição do presente trabalho consistiu da adaptação da metodologia multiproduto na mensuração de vieses para o Brasil.

A despeito das dificuldades encontradas na realização deste estudo, notadamente a carência de informações mais detalhadas das atividades aqui focadas, os resultados encontrados constituem-se em relevantes informações para os interessados na análise do setor agropecuário brasileiro.

Os resultados obtidos, no presente estudo, podem auxiliar, aos estudiosos e formuladores de políticas econômicas, na obtenção de maior eficácia das políticas agrícolas. Dado que uma política agrícola efetiva deve ser direcionada para utilizar, na produção dos bens, os fatores relativamente mais abundantes, como preconiza a tese defendida por Hayami & Ruttan; o conhecimento dos vieses gerados pela mudança tecnológica - tanto na produção quanto no uso relativo dos fatores - associado à análise das políticas adotadas no período, podem ajudar, aos formuladores de políticas/pesquisadores, na escolha (seleção) das melhores, entre as diferentes medidas alternativas possíveis, a serem adotadas para o setor agropecuário do País. Isto é, o conhecimento de tais vieses permite que se estabeleça uma relação entre o que foi feito em termos de política agrícola no País, entre 1970/85, e sua consequência sobre a produção e o emprego dos fatores; possibilitando maior coerência na formulação das políticas futuras direcionadas ao setor.

Ademais, as diferenças observadas, através dos vieses, no impacto da mudança tecnológica sobre a composição da produção e sobre o uso de fatores nas regiões desenvolvida e de fronteira, sugerem que as políticas agrícolas a elas direcionadas devem ser diferenciadas, ao contrário do que se observa normalmente, que é a formulação de políticas globais para o País.

Finalmente, não obstante o fato de existir certa arbitrariedade na divisão do setor agropecuário brasileiro em dois subsetores, referentes à produção animal e produção vegetal, dado que esta agregação envolve uma gama bastante heterogênea de produtos dentro de cada subsetor, vale ressaltar que qualquer outra agregação alternativa também seria questionável.

Não obstante, pode-se considerar que outras divisões sejam possíveis de ser feitas nesse contexto e talvez sejam de grande interesse para futuros estudos de viés de produção gerados por mudança tecnológica, como por exemplo, a divisão dos produtos produzidos pela agropecuária brasileira em dois grandes grupos de produtos exportáveis *versus* de consumo interno, ou de dois tipos de alimentação básica (protéica *versus* calórica), independentemente de sua origem ser de natureza animal ou vegetal.

Porém, a divisão do setor agropecuário em mais de dois subsetores, apesar de possível teoricamente, fica comprometida pela quantidade de dados disponíveis sobre a agropecuária brasileira, o que pode gerar problemas de graus de liberdade no processo de estimação do modelo econométrico descrito no item 4.2. Esse foi o principal fator limitante encontrado no presente estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBUQUERQUE, M. C. C. Technological change and scale effects in Brazilian agriculture: an analysis within the translog framework. Ann Arbor, 1985. 289p. Thesis (Ph.D) - Harvard University.
- ALBUQUERQUE, M. C. C. A teoria econômica da mudança tecnológica. **Revista Estudos Econômicos**, v.16, n.2, p.187-203, maio/ago. 1986.
- ALBUQUERQUE, M. C. C. Uma análise translog sobre mudança tecnológica e efeitos escala: um caso de modernização ineficiente. **Revista Pesquisa e Planejamento Econômico**, v.17, n.1, p.191-220, abr. 1987.
- ALMEIDA, A. L. O.; SANTOS, C. F. V. **A colonização oficial na Amazônia nos anos 80**. Rio de Janeiro: IPEA, 1990a. 31p. (texto para discussão, 207).
- ALMEIDA, A. L. O.; SANTOS, C. F. V. **A colonização particular na Amazônia nos anos 80**. Rio de Janeiro: IPEA, 1990b. 29p. (texto para discussão, 208).
- ALVES, E. Reflexões sobre política agrícola. **Revista Brasileira de Economia e Sociologia Rural**, v.31, n.2, p.91-102, abr./jun. 1993.
- ALVES, E.; PASTORE, J. Uma nova abordagem para a pesquisa agrícola no Brasil. **Revista Brasileira de Economia e Sociologia Rural**, v.15, n.1, p.235-256, 1977.
- ANTLE, J. M. The structure of U.S. agricultural technology, 1910 - 78. **American Journal of Agricultural Economics**, v.66, p.414-421, 1984a.
- ANTLE, J. M. Human capital, infrastructure, and the productivity of Indian rice farmers. **Journal of Development Economics**, v.14, n.2, p.163-181, 1984b.
- ANTLE, J. M.; CAPALBO, S. M. **Agricultural Productivity: measurement and explanation**. Washington: Resources for the Future, 1988. 404p.

- ARAÚJO, P. F. C.; BARROS, G. S. C.; SHIROTA, R.; YAMAGUISHI, C. T.; ALMEIDA, A. An overview of rural credit policy in Brazil, 1970 - 1987. **Report submitted to the World Bank**. Piracicaba: ESALQ, 1989. 64p.
- ARAÚJO, M. P. Rentabilidade da Produção de Frango de Corte sob Contratos de Integração Vertical em Minas Gerais. Piracicaba, 1996. 133p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- AVILA, A. F. D.; EVENSON, R. E. Total factor productivity growth in the brazilian agriculture and the role of agricultural research. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 33. Curitiba, 1995. **Anais**. Brasília: SOBER, 1995. p.631-657.
- BACHA, C. J. C.; ROCHA, M. T. O comportamento da agropecuária brasileira no período de 1987 a 1996. **Revista Brasileira de Economia e Sociologia Rural**, v.36, n.1, p.35-59. 1998.
- BARROS, J. R. M.; MANOEL, A. Insumos agrícolas: evolução recente e perspectivas. In: BRANDÃO, A. S. P. (Ed.). **Principais problemas da agricultura brasileira: análise e sugestões**. 2. ed. Rio de Janeiro: IPEA, 1992. p.295-332.
- BARROS, J. R. M.; PASTORE, A. C.; RIZZIERE, J. B. Partição dos índices de produtividade da terra entre os componentes tecnológico e alocativo. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, v.6, n.3, p.755-766, dez. 1976.
- BINSWANGER, H. P. A cost function approach to the measurement of factor demand and elasticities of substitution. **American Journal of Agricultural Economics**, v.56, p.377-386, 1974a.
- BINSWANGER, H. P. The measurement of technical change biases with many factors of production. **American Economic Review**, v.64, n.6, p.964-976, 1974b.
- BINSWANGER, H. P. Measured biases of technological change: the United States. In: BINSWANGER H. P.; RUTTAN V. W. (Eds.). **Induced Inovations: technology, institutions, and development**. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1978. p.215-242.

- BONELLI, R.; PESSÔA, E. P. **O papel do Estado na pesquisa agrícola no Brasil.** Rio de Janeiro: IPEA, 1998. 40p. (texto para discussão, 576).
- BRANDT, S. A.; WONG, S.; MORO, S. Viés tecnológico e emprego agrícola: uma nota econométrica. **Revista Brasileira de Economia e Sociologia Rural**, v.26, n.1, p.139-143, 1988.
- CAMPOS, J. R. S.; LEMOS, J. J. S.; SILVA, L. M. R. Progresso tecnológico e alocação de recursos na agricultura brasileira. **Revista Brasileira de Economia e Sociologia Rural**, v.26, n.2, p.195-212, 1988.
- CAVES, D. W.; CHRISTENSEN, L. R.; DIEWERT, W. E. The economic theory of index numbers and measurement of input, output, and productivity. **Econometrica**, v.50, n.6, p.1393-1414, 1982a.
- CAVES, D. W.; CHRISTENSEN, L. R.; DIEWERT, W. E. Multilateral comparisons of output, input and productivity using superlative index numbers. **Economic Journal**, v.92, n.365, p.73-86, 1982b.
- CHAMBERS, R. G. **Applied production analysis: a dual approach.** Cambridge: Cambridge University Press, 1988. 331p.
- CHRISTENSEN, L. R.; JORGENSEN, D. W. The measurement of U. S. real capital input 1929 - 1967. **Review of Income and Wealth**, v.15, n.4, p.293-320, 1969.
- DIAS, R. S. Elasticidades de substituição e de demanda de fatores na agricultura brasileira. Viçosa, 1982. 55p. Dissertação (MS.) - Universidade Federal de Viçosa.
- DIEWERT, W. E. Applications of duality theory. In: INTRILLIGATOR, M.; KENDRICK, D. A. (Eds.). **Frontiers of quantitative economics.** Amsterdam: North-Holland, 1974. v.2.
- DIEWERT, W. E. Exact and superlative index numbers. **Journal of Econometrics**, v.4, n.2, p.115-145, 1976.
- DIEWERT, W. E. Aggregation problems in the measurement of capital. In: USHER, D. (Ed.). **The measurement of capital.** Chicago: University of Chicago Press, 1980.

- EVENSON, R. E. Intellectual property rights and business research and development: implications for the public agricultural research system. **American Journal of Agricultural Economics**, v.65, n.5, 1983.
- EVENSON, R. E.; KISLEV, Y. **Agricultural research and productivity**. New Haven: Yale University Press, 1975. 204 p.
- FEARNSIDE, P. M. Rondônia: estradas que levam à devastação. **Ciência Hoje**, v.11, n.61, p.46-52, 1990.
- FEDER, G. Adoption of interrelated agricultural innovations: complementarity and the impacts of risk, scale and credit. **American Journal of Agricultural Economics**, v.64, n.1, p.94-101, 1982.
- FIGUEIREDO, N. M. S. Modernização, distribuição de renda e pobreza na agricultura brasileira, 1975, 1980 e 1985. Piracicaba, 1996. 248p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- GASQUES, J. G.; CONCEIÇÃO, J. C. P. R. **Crescimento e produtividade da agricultura brasileira**. Brasília: IPEA, 1997. 21p. (texto para discussão, 502)
- GOLDIN, I.; REZENDE, G. C. **A agricultura brasileira na década de 80: crescimento numa economia em crise**. Rio de Janeiro: IPEA, 1993. 119p.
- GRAZIANO DA SILVA, J.; KAGEYAMA, A. Emprego e relações de trabalho na agricultura brasileira: uma análise dos dados censitários de 1960, 1970 e 1975. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, v.13, n.1, p.235-266, abr. 1983.
- GRILICHES, Z. Research expenditures, education, and the aggregate agricultural production function. **American Economic Review**, v.54, n.6, p.961-974, 1964.
- GRILICHES, Z. Hybrid corn: an exploration in the economics of technological change. **Econometrica**, v.25, n.4, p.501-522, 1957.
- HAYAMI, Y.; RUTTAN, V. **Desenvolvimento agrícola: teoria e experiências internacionais**. Brasília: EMBRAPA, 1988. 367p.
- HICKS, J. R. **The theory of wages**. 2. ed., London: Macmillan, 1963. 254p.

- HOFFMANN, R.; CARVALHO, A. V.; KAGEYAMA, A. A.; WIENDL, M. L.; QUEDA, O. **Inovações tecnológicas e transformações recentes na agricultura brasileira**. Piracicaba: ESALQ, 1985. p.520-778. (relatório de pesquisa, 3).
- HOFFMANN, R.; KASSOUF, A. L. Modernização e desigualdade na agricultura brasileira. **Revista Brasileira de Economia**, v.43, n.2, p.273-303. 1989.
- JANVRY, A. Social structure and biased technical change in Argentine agriculture. In: BINSWANGER, H. P.; RUTTAN, V. W. (Eds.). **Induced inovations: technology, institutions, and development**. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1978. p.297-326.
- JORGENSEN, D. W. Teste de teorias alternativas de desenvolvimento em economia dualista. In: ARAÚJO, P. F. C.; SCHUH, G. E. **Desenvolvimento da agricultura: natureza do processo e modelos dualistas**. São Paulo: Pioneira, 1975. p.137-152.
- JORGENSEN, D. W.; GRILICHES, Z. The explanation of productivity change. **Review of Economic Studies**, v.34, n.99, p.249-283, 1967.
- KENDRICK, J. W. **Postwar productivity trends in the United States, 1948 - 1969**. New York: National Bureau of Economic Research, 1973. 147p.
- KURODA, Y. The output bias of technological change in poswar japanese agriculture. **American Journal of Agricultural Economics**, v.70, p.663-673, 1988.
- LEE, H.; CHAMBERS, R. G. Expenditure constraints and profit maximization in U.S. agriculture. **American Journal of Agricultural Economics**, v.68, p.857-865, 1986.
- LEE, H.; PITT, M. Microeconomic demand systems with binding nonnegativity constraints: the dual approach. **Econometrica**, v.54, n.5, p.1237-1242, 1986.
- LOPES, M. R.; SCHUH, G. E. **A mobilização de recursos da agricultura: uma análise de política para o Brasil**. Brasília: CFP/MA, 1979. 105p.
- LEWIS, W. A. O desenvolvimento com oferta ilimitada de mão-de-obra. In: AGARWALA, A. N.; SINGH, S. P. **A economia do subdesenvolvimento**. Rio de Janeiro: Forense, 1969. p.406-456.

- MARTIN, M. A.; PEREZ, M. C. R. C. **O método de mínimos quadrados de dois estágios: seus fundamentos e aplicação na estimação da demanda e da oferta de ovos no Estado de São Paulo.** Piracicaba: ESALQ/USP, 1975. 39p. (série pesquisa, 32).
- MELO, F. H. Inovações tecnológicas e efeitos distributivos: o caso de uma economia semi-aberta. **Revista Brasileira de Economia**, v.36, n.4, p.429-443, out./dez. 1982.
- MELO, F. H. **Prioridade agrícola: sucesso ou fracasso?** São Paulo: Pioneira, 1985. 200p.
- MONTEIRO, J. de A. A geração de tecnologia agrícola e a ação de grupos de interesse. São Paulo, 1985. 170p. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo.
- MUELLER, C. C.; MARTINE, G. Modernização da agropecuária, emprego agrícola e êxodo rural no Brasil - a década de 1980. **Revista de Economia Política**, v.17, n.3, p.85-104, jul/set. 1997.
- NAPOLEONI, C. **O Pensamento econômico do século XX.** Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1979. 208p.
- NICHOLLS, W. H. A agricultura e o desenvolvimento econômico do Brasil. **Revista Brasileira de Economia**, v.26, n.4, p.169-206, out./dez. 1972.
- NICHOLLS, W. H. Paiva e o dualismo tecnológico na agricultura: um comentário. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, v.3, mar. 1973.
- OLIVEIRA, J. A. S. Relações de demanda e substituição de insumos agrícolas modernos: um modelo translog de séries temporais. Viçosa, 1994. 80p. Dissertação (MS.) - Universidade Federal de Viçosa.
- PAIVA, R. M. Modernização e dualismo tecnológico na agricultura. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, v.1, dez. 1971.
- PAIVA, R. M. Modernização e dualismo tecnológico na agricultura: resposta aos comentários dos Professores Nicholls e Schuh. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, v.3, mar. 1973.

- PASTORE, A. C.; BARROS, J. R. M. Absorção de mão-de-obra e os efeitos distributivos do progresso tecnológico na agricultura. **Revista Brasileira de Economia**, v.30, n.3, p.263-293, 1976.
- RANIS, G.; FEI, J. C. H. A theory of economic development. **The American Economic Review**, v.51, n.4, p.533-565, sep. 1961.
- RAY, S. C. A translog cost function analysis of U.S. agriculture, 1939 - 77. **American Journal of Agricultural Economics**, v.64, p.490-498. 1982.
- REIS, R. P. Estrutura produtiva da pecuária leiteira sob condições de intervenção: um estudo de caso em Minas Gerais. Viçosa, 1992. 151p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.
- REIS, R. P.; TEIXEIRA, E. C. Estrutura de demanda e substituição de fatores produtivos na pecuária leiteira: o modelo de custo translog. **Revista Brasileira de Economia**, v.49, n.3, p.545-554, 1995.
- RYFF, T. B. A difusão da inovação tecnológica na agricultura: mecanismo de autocontrole versus modernização induzida. **Revista Brasileira de Economia**, v.30, n.3, p.295-327, 1976.
- SANTOS, R. F. Presença de vieses de mudança técnica na agricultura brasileira. São Paulo, 1986. 223p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Economia e Administração, Universidade de São Paulo.
- SCHUH, G. E. Algumas observações sobre o desenvolvimento da agricultura no Brasil. **Revista Brasileira de Economia**, v.26, n.4, p.204-226, 1972.
- SCHUH, G. E. Modernização e dualismo tecnológico na agricultura: alguns comentários. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, v.3, mar. 1973.
- SCHUH, G. E.; TOLLINI, H. Costs and benefits of agricultural research: the state of art. Washington: The World Bank, 1979. (Staff working paper, 360).
- SCHULTZ, T. W. **A transformação da agricultura tradicional**. Rio de Janeiro: Zahar, 1965. 207p.
- SCHULTZ, T. W. The value of the ability to deal with disequilibria. **Journal of Economic Literature**, v.13, n.3, p.827-846, 1975.

- SCHUMPETER, J. A. **Teoria do desenvolvimento econômico: uma investigação sobre lucros, capital, crédito, juro e o ciclo econômico**. São Paulo: Abril Cultural, 1982. 168p.
- SEIXAS NETO, A.; PENNA, J. A. O processo de mudança tecnológica na agricultura paulista. **Revista Brasileira de Economia Rural**, v.16, n.1, p.70-88, 1978.
- SILVA, C. R. L. Inovação tecnológica na agricultura brasileira: aspectos distributivos. São Paulo, 1992. 216p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Economia e Administração, Universidade de São Paulo.
- SILVA, G. L. S. P. Evolução e determinantes da produtividade agrícola: o caso da pesquisa e da extensão rural em São Paulo. São Paulo, 1982. 230p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Economia e Administração, Universidade de São Paulo.
- SILVA, G. L. S. P.; CARMO, H. C. E. **Como medir a produtividade agrícola: conceitos, métodos e aplicações no caso de São Paulo**. São Paulo: IEA, 1986. 29p. (relatório de pesquisa, 3).
- SILVA, G. L. S. P.; VICENTE, J. R.; CASER, D. V. Mudança tecnológica e produtividade do milho e da soja no Brasil. **Revista Brasileira de Economia**, v.47, n.2, p.281-303, 1993.
- SILVA, L. A. C. A função de produção da agropecuária brasileira: diferenças regionais e evolução no período 1975 - 1985. Piracicaba, 1996. 157p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- SOLLOW, R. M. Technical change and the aggregate production function. **Review of Economic and Statistics**, v.39, n.3, p.312-320, aug. 1957.
- SOUZA, N. de J. **Desenvolvimento econômico**. São Paulo: Atlas, 1993. 242p.
- THOMPSON, R. L. The metaproduction function of Brazilian agriculture. Lafayette, 1978. 177p. Thesis (PhD.) - Purdue University .
- VERA FILHO, F.; TOLLINI, H. Progresso tecnológico e desenvolvimento agrícola. In: VEIGA, A. (Coord.). **Ensaio sobre política agrícola brasileira**. São Paulo: Secretaria da Agricultura, 1979. p.87-136.

- WEAVER, R. D. Multiple input, multiple output production choices and technology in the U.S. wheat region. **American Journal of Agricultural Economics**, v.65, p.45-56, 1983.
- ZAGATTO, L. C. A. G. Estrutura produtiva de pequenos agricultores e implicações para a geração e adoção de tecnologia. Viçosa, 1991. 112p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

APÊNDICE A: Cálculo dos Números Índices

Os deflatores implícitos dos Censos Agropecuários calculados neste estudo foram os Índices de Törnqvist e o de Laspeyres, considerando o ano base de 1970 = 100.

As fórmulas de Törnqvist usadas para os cálculos dos índices de quantidades e preços foram, respectivamente:

$$TQ_{0,t} = \prod_{i=1}^n (q_t^i / q_0^i)^{w_i}, \text{ e} \quad (1A)$$

$$TP_{0,t} = \prod_{i=1}^n (p_t^i / p_0^i)^w, \text{ onde } w = (w_0^i + w_t^i) / 2 \quad (2A)$$

Em (1A) e (2A), a letra inicial T identifica o índice e as letras Q e P referem-se à quantidade e preço, respectivamente; q_t^i é a quantidade do item i no período t; q_0^i é a quantidade do item i no período 0, w_0^i é a participação do item i na relação orçamentária do período 0; w_t^i é essa mesma participação no período t.

$$\text{Logo: } w_0^i = (p_0^i \cdot q_0^i) / \sum_{i=1}^n p_0^i \cdot q_0^i \text{ e } w_t^i = (p_t^i \cdot q_t^i) / \sum_{i=1}^n p_t^i \cdot q_t^i.$$

As fórmulas para a determinação do Índice de Preços de Laspeyres, calculados para cada subsetor (animal e vegetal) e para todo o setor agropecuário, foram:

- Obtenção dos Índices de Valor (IVP):

$$IVP_{0,t} = \sum_{i=1}^n p_t^i \cdot q_t^i / \sum_{i=1}^n p_0^i \cdot q_0^i;$$

- Obtenção dos Índices de Quantidades de Paasche (IQP):

$$IQP_{0,t} = \sum_{i=1}^n p_t^i \cdot q_t^i / \sum_{i=1}^n p_t^i \cdot q_0^i;$$

- Obtenção dos Índices de Preços de Laspeyres (IPL):

$$IPL_{0,t} = IVP_{0,t} / IQP_{0,t}.$$

Os dados utilizados para o cálculo dos índices de Laspeyres e de Paasche foram obtidos dos Censos Agropecuários de 1970, 1975, 1980 e 1985, a partir das informações

sobre quantidade e valor da produção das principais culturas (entre 8 e 12, conforme a região) e dos produtos animais, seguindo o mesmo procedimento adotado por Hoffmann et al. (1985) para obtenção de índices de quantidades e de preços de Laspeyres e de Paasche.

O levantamento dos índices regionais e do País obedeceu ao seguinte critério: 1º) na seleção de lavouras considerou-se todas as culturas permanentes e temporárias com peso maior ou igual a 2% do valor da produção da região/País, em 1970; 2º) na seleção da pecuária considerou-se bovinos, suínos, aves, leite e ovos, para o País e regiões Norte, Nordeste, Sudeste e Centro-Oeste. Para a região Sul, além dos produtos supra citados inclui-se também a lã. Os valores para leite, ovos e lã foram obtidos diretamente dos Censos, porém os valores para animais foram calculados como valor de animais vendidos + abatidos - comprados.

Para a obtenção dos preços unitários dividiu-se o valor da produção que aparece nos Censos por suas respectivas quantidades.

Procedimento análogo ao descrito acima foi utilizado para o cálculo dos índices de Törnqvist, com duas diferenças: 1º) na seleção das lavouras, para o País como um todo, considerou-se todas as culturas permanentes, temporárias, além dos produtos florestais e extrativos constantes do Censo Agropecuário do Brasil de 1970, que permaneceram cadastrados nos demais períodos censitários; 2º) na seleção das lavouras, nas regiões desenvolvida e de fronteira, considerou-se todas as culturas permanentes, temporárias, além dos produtos florestais e extrativos constantes dos Censos Agropecuários de 1970 - de cada Unidade da Federação pertencente à região - que são comuns a todos os Estados e que permaneceram cadastrados nos demais períodos censitários

A Tabela 1A apresenta os índices de quantidade e preços para as produções animal (pecuária) e vegetal (lavoura) e os índices totais calculados segundo as fórmulas de Laspeyres, Paasche e Törnqvist, para o País e para as regiões desenvolvida e de fronteira.

Tabela 1A Índices de quantidades, preços e totais de Paasche, Laspeyres e Törnqvist.
Brasil e regiões desenvolvida e de fronteira, 1970/85.

Índice	1970	1970/75	1970/80	1970/85
IQP - Total	100	146,04	167,88	226,57
IPL - Total	100	402,23	3778,53	367133,60
IQP - Lavoura	100	140,97	159,05	233,01
IPL - Lavoura	100	418,31	3808,78	375168,12
IQP - Pecuária	100	157,40	185,82	212,92
IPL - Pecuária	100	370,34	3718,55	351197,73
TQ - Total (a)	100	143,99	173,80	222,13
TP - Total	100	389,58	3490,30	353457,27
TQ - Lavoura	100	138,79	167,10	222,23
TP - Lavoura	100	399,60	3456,00	360810,55
TQ - Pecuária	100	158,00	191,35	221,06
TP - Pecuária	100	366,07	3572,53	334216,39
TQ - Insumos (b)	100	132,45	142,21	124,83
[(a) / (b)] x 100	100	108,71	122,21	177,95
TQ - PEC.- RD	100	156,88	187,39	209,96
TQ - AGR.- RD	100	136,03	155,41	215,83
TQ - TOTAL - RD	100	142,30	165,05	214,58
TP- PEC.- RD	100	364,12	3397,60	313467,33
TP- AGR.- RD	100	427,58	3603,70	367696,99
TP - TOTAL - RD	100	406,46	3533,23	351482,13
TQ - PEC.- RF	100	163,25	198,57	284,42
TQ - AGR.- RF	100	144,19	237,35	450,57
TQ - TOTAL - RF	100	151,53	218,07	369,81
TP- PEC.- RF	100	381,12	4445,35	397122,27
TP- AGR.- RF	100	429,22	3349,29	308610,08
TP - TOTAL - RF	100	409,27	3781,41	342504,12

Fonte: Dados da Pesquisa, onde: PEC significa pecuária, AGR agricultura, RD região desenvolvida, RF região de fronteira.

APÊNDICE B: Tabela da participação dos valores das produções animal e vegetal no valor da produção total por região e por estrato.

Tabela 1B. Participação percentual dos valores das produções animal e vegetal no valor da produção total, por estrato de grupo de área total, por região.
Brasil, 1970/85.

REGIÃO	ESTRATO	GDE. (%)	MÉD. (%)	PEQ. (%)	PROD. ANIM. (%)	LAV. PERM. (%)	LAV. TEMP. (%)	EXT. VEG. (%)	PROD. VEG. (%)	PROD. TOTAL (%)
NORT-70	I	0,7	0,6	1,1	2,4	2,2	13,3	6,4	22,0	24,4
	II	4,3	0,9	2,8	8,0	8,1	20,4	7,3	35,8	43,8
	III	11,6	0,6	1,0	13,3	2,1	6,9	9,5	18,5	31,8
	TOTAL	16,6	2,1	4,9	23,7	12,5	40,6	23,3	76,3	100,0
NORD.-70	I	2,9	1,6	1,9	6,4	3,2	18,1	2,7	24,0	30,4
	II	7,2	1,0	1,1	9,4	7,6	13,3	1,9	22,8	32,2
	III	12,4	,6	0,3	13,3	6,8	15,6	1,8	24,1	37,4
	TOTAL	22,5	3,2	3,3	29,0	17,6	47,0	6,4	71,0	100,0
SUD.-70	I	0,5	0,4	3,2	4,2	2,2	6,0	0,1	8,3	12,5
	II	8,1	1,2	3,8	13,1	7,2	14,9	0,7	22,9	35,9
	III	21,5	0,8	1,1	23,5	8,5	16,5	3,1	28,1	51,6
	TOTAL	30,1	2,5	8,1	40,7	17,9	37,4	3,9	59,3	100,0
SUL-70	I	1,7	1,9	1,4	4,9	1,0	10,4	0,5	11,8	16,8
	II	7,1	6,5	2,3	15,9	3,1	30,5	1,6	35,2	51,0
	III	9,9	2,0	0,2	12,2	1,5	13,4	5,2	20,0	32,2
	TOTAL	18,6	10,4	3,9	33,0	5,6	54,2	7,2	67,0	100,0
C.OES.-70	I	0,4	0,5	0,5	1,4	0,2	5,2	0,5	5,9	7,3
	II	5,1	1,6	1,0	7,6	0,8	12,5	0,6	14,0	21,6
	III	47,1	2,2	0,8	50,3	1,1	18,4	1,3	20,8	71,1
	TOTAL	52,9	4,2	2,3	59,3	2,2	36,2	2,3	40,7	100,0
NORT-75	I	0,6	0,8	1,3	2,8	1,7	15,5	6,7	23,9	26,7
	II	3,6	1,2	2,8	7,5	5,4	19,8	6,4	31,5	39,0
	III	14,7	1,2	1,4	17,3	2,7	9,8	4,4	17,0	34,3
	TOTAL	18,9	3,1	5,5	27,6	9,8	45,1	17,6	72,4	100,0
NORD.-75	I	3,1	1,9	2,1	7,1	2,6	16,2	1,7	20,6	27,6
	II	8,4	1,4	1,7	11,5	7,9	11,0	0,9	19,8	31,3
	III	16,1	0,7	0,5	17,3	8,0	14,8	0,9	23,8	41,1
	TOTAL	27,6	4,0	4,3	35,8	18,5	42,0	3,6	64,2	100,0
SUD.-75	I	0,6	0,6	2,9	4,1	2,0	4,2	0,1	6,2	10,4
	II	9,3	1,4	4,0	14,7	7,4	11,7	0,5	19,6	34,3
	III	25,7	0,8	1,9	28,4	9,8	16,2	1,0	27,0	55,4
	TOTAL	35,6	2,9	8,6	47,2	19,2	32,2	1,5	52,8	100,0
SUL-75	I	1,3	1,7	1,2	4,2	2,3	6,8	0,2	9,3	13,5
	II	5,8	5,6	2,5	13,9	7,9	27,4	0,8	36,1	50,0
	III	8,7	1,4	0,4	10,5	4,3	18,1	3,5	25,9	36,4
	TOTAL	15,8	8,8	4,0	28,6	14,6	52,3	4,5	71,4	100,0
C.OES.-75	I	0,2	0,4	0,3	1,0	0,2	4,0	0,1	4,4	5,4
	II	4,6	1,4	0,8	6,8	0,8	9,5	0,3	10,6	17,5
	III	48,3	2,1	0,6	51,0	0,8	23,8	1,4	26,1	77,1
	TOTAL	53,2	3,9	1,7	58,9	1,9	37,4	1,9	41,1	100,0

continuação da Tabela 1B.

REGIÃO	ESTRATO	GDE. (%)	MÉD. (%)	PEQ. (%)	PROD. ANIM. (%)	LAV. PERM. (%)	LAV. TEMP. (%)	EXT. VEG. (%)	PROD. VEG. (%)	PROD. TOTAL (%)
NORT-80	I	0,7	0,6	0,9	2,2	1,9	9,4	3,8	15,1	17,3
	II	4,3	1,2	2,3	7,8	7,1	17,6	11,9	36,7	44,5
	III	19,7	1,0	1,6	22,3	3,5	7,6	4,8	15,9	38,2
	TOTAL	24,7	2,8	4,8	32,3	12,5	34,7	20,5	67,7	100,0
NORD.-80	I	3,6	1,7	2,3	7,5	2,8	12,8	1,2	16,7	24,2
	II	9,8	1,3	2,3	13,4	7,8	10,3	0,9	19,0	32,3
	III	16,1	0,7	0,8	17,6	7,3	17,4	1,1	25,8	43,5
	TOTAL	29,6	3,6	5,4	38,6	17,8	40,5	3,2	61,4	100,0
SUD.-80	I	0,8	0,4	2,2	3,4	1,6	3,5	0,0	5,2	8,6
	II	10,3	1,0	4,1	15,4	7,2	10,9	0,3	18,3	33,7
	III	25,5	0,7	2,5	28,7	9,8	18,6	0,6	29,0	57,7
	TOTAL	36,5	2,2	8,8	47,5	18,6	32,9	1,0	52,5	100,0
SUL-80	I	1,7	1,5	2,0	5,2	1,0	6,4	0,1	7,4	12,7
	II	8,1	6,0	4,8	18,8	3,3	27,5	0,7	31,6	50,4
	III	12,7	1,6	0,8	15,1	2,3	18,1	1,4	21,8	36,9
	TOTAL	22,6	9,0	7,5	39,2	6,5	51,9	2,3	60,8	100,0
C.OES.-80	I	0,2	0,2	0,3	0,7	0,2	1,6	0,1	1,9	2,6
	II	5,5	0,6	0,7	6,8	0,7	5,3	0,2	6,2	13,0
	III	57,5	1,0	0,7	59,2	0,8	22,2	2,2	25,3	84,4
	TOTAL	63,2	1,8	1,7	66,7	1,7	29,1	2,4	33,3	100,0
NORT-85	I	0,6	0,5	1,0	2,0	2,6	7,8	2,7	13,0	15,0
	II	4,9	1,3	2,4	8,6	9,8	16,3	6,0	32,1	40,7
	III	19,0	0,9	1,3	21,2	10,9	7,0	5,0	22,8	44,0
	TOTAL	24,5	2,7	4,6	31,8	23,2	31,2	13,8	68,2	100,0
NORD.-85	I	3,1	1,4	1,9	6,4	3,6	10,0	1,0	14,7	21,0
	II	9,0	1,1	2,0	12,1	11,2	9,3	0,6	21,0	33,1
	III	15,1	0,6	0,9	16,6	10,9	17,7	0,7	29,3	45,9
	TOTAL	27,3	3,1	4,8	35,1	25,6	37,0	2,3	64,9	100,0
SUD.-85	I	0,7	0,4	1,7	2,8	2,3	2,8	0,1	5,2	8,0
	II	7,1	0,9	3,0	11,0	12,9	9,2	0,4	22,5	33,5
	III	15,2	0,6	1,9	17,7	21,4	18,6	0,9	40,8	58,5
	TOTAL	23,0	1,9	6,7	31,5	36,6	30,6	1,3	68,5	100,0
SUL-85	I	1,4	1,3	2,4	5,1	1,9	6,2	0,1	8,2	13,3
	II	6,1	6,2	4,8	17,1	4,7	27,3	0,5	32,5	49,5
	III	8,7	1,3	1,0	11,0	4,1	21,2	0,5	26,2	37,2
	TOTAL	16,2	8,9	8,1	33,1	10,8	54,7	1,4	66,9	100,0
C.OES.-85	I	0,3	0,2	0,2	0,7	0,3	1,6	0,1	2,0	2,7
	II	5,0	0,6	0,6	6,2	0,9	5,7	0,2	6,8	13,0
	III	50,0	1,1	1,2	52,3	1,3	30,1	0,8	32,0	84,3
	TOTAL	55,2	2,0	2,1	59,2	2,4	37,4	1,0	40,8	100,0

Fonte: Dados da Pesquisa

APÊNDICE C: Dados utilizados na pesquisa

Tabela 1C Dados utilizados no processo de estimação das equações (6) e (7). Brasil, 1970 a 1985.

OBS	LCT/LPK	SK	SL	ST	LPL/LPK	LPT/LPK	LYA	LYV	LT	LPA	LPV
AC/1970	4.0002	0.1825	0.4737	0.3437	1.1432	-0.7353	1.6389	2.4038	0	4.6052	4.6052
AM	4.4501	0.2046	0.603	0.1925	0.3701	-0.8305	2.1354	3.4453	0	4.6052	4.6052
RO	1.739	0.2608	0.5938	0.1454	0.2321	-2.6812	0.0987	1.5927	0	4.6052	4.6052
RR	0.9624	0.5966	0.2739	0.1294	-0.4064	-3.7512	1.4987	1	0	4.6052	4.6052
AP	1.4211	0.3102	0.5139	0.1759	0.47	-1.9476	0.7811	0.355	0	4.6052	4.6052
PA	5.8421	0.3087	0.5761	0.1153	1.0374	-0.6556	3.2113	3.3885	0	4.6052	4.6052
MA	5.203	0.2619	0.6766	0.0614	-0.2179	-1.6647	3.766	4.1004	0	4.6052	4.6052
PI	5.2092	0.081	0.8804	0.0387	0.8281	-2.2204	2.9579	2.8862	0	4.6052	4.6052
CE	4.8993	0.3322	0.4134	0.2544	-0.9459	-1.0144	3.8222	3.8608	0	4.6052	4.6052
RN	3.9919	0.3429	0.3953	0.2618	-0.726	-0.9214	2.8061	2.9144	0	4.6052	4.6052
PB	4.7171	0.2682	0.4563	0.2755	-0.4554	-0.1701	3.2555	3.6233	0	4.6052	4.6052
PE	5.3538	0.2955	0.5252	0.1793	-0.321	-0.2075	3.7749	4.5199	0	4.6052	4.6052
AL	4.5136	0.3409	0.4516	0.2075	-0.3344	0.1546	2.5005	3.8037	0	4.6052	4.6052
SE	4.0834	0.2578	0.4431	0.2992	-0.3231	0.2389	2.7661	2.7956	0	4.6052	4.6052
BA	6.052	0.3195	0.3753	0.3052	-0.5398	-0.25	4.8295	5.0924	0	4.6052	4.6052
MG	6.5627	0.3375	0.2414	0.4211	-0.5049	-0.1967	6.0482	5.4685	0	4.6052	4.6052
ES	4.5763	0.3249	0.3334	0.3417	-0.2592	0.0605	3.788	3.7835	0	4.6052	4.6052
RJ	5.1251	0.3558	0.2617	0.3825	0.1178	0.8368	4.3015	4.0477	0	4.6052	4.6052
SP	7.3099	0.3728	0.1939	0.4333	0.321	1.2712	6.0819	6.2212	0	4.6052	4.6052
PR	6.8923	0.3404	0.299	0.3606	0.102	1.1264	5.3885	5.8091	0	4.6052	4.6052
SC	5.4461	0.3258	0.3229	0.3512	-0.2701	0.4078	4.6793	4.7534	0	4.6052	4.6052
RS	6.92	0.3368	0.2401	0.4231	0.1909	0.71	5.9305	5.9899	0	4.6052	4.6052
GO	5.548	0.3444	0.201	0.4546	-0.4317	-0.9359	5.0632	4.4089	0	4.6052	4.6052
MT	6.0239	0.3237	0.1902	0.4861	0.4468	-0.6886	5.1129	3.8891	0	4.6052	4.6052
AC/1975	4.0188	0.1875	0.6182	0.1943	1.088	-1.5003	1.9403	2.0689	0.693	4.4106	4.2747
AM	4.4311	0.258	0.6674	0.0746	-0.0344	-2.2578	2.3057	3.4875	0.693	4.5186	4.5658
RO	4.0229	0.2279	0.5039	0.2681	0.657	-0.8245	1.6279	2.3732	0.693	4.3723	4.4105
RR	1.7146	0.5466	0.3305	0.1229	-0.3711	-3.3379	1.6169	0.1622	0.693	4.6675	4.4493
AP	1.7824	0.3649	0.5641	0.071	0.2019	-2.7626	1.0318	0.5905	0.693	4.5839	4.3686
PA	5.3823	0.245	0.6817	0.0733	0.2617	-2.2708	3.7588	4.0021	0.693	4.5966	4.5218
MA	5.1019	0.2118	0.7304	0.0577	-0.6517	-2.2566	4.0843	4.2903	0.693	4.6079	3.895
PI	5.563	0.0991	0.8687	0.0323	0.8753	-2.276	3.5363	3.1197	0.693	4.7046	4.3637
CE	4.9438	0.2903	0.5915	0.1182	-0.6283	-1.7518	4.1997	4.1221	0.693	4.6589	4.2796
RN	4.3392	0.2381	0.6328	0.1291	-0.2071	-1.4953	3.2666	3.2496	0.693	4.652	4.2862
PB	5.1135	0.2402	0.5769	0.1828	-0.2208	-0.3746	3.7221	3.9468	0.693	4.5991	4.3062
PE	5.7485	0.2608	0.6249	0.1143	0.1079	-0.4549	4.3815	4.6637	0.693	4.4637	4.4555
AL	5.2069	0.3006	0.4816	0.2179	0.143	0.6614	3.2964	4.1351	0.693	4.7001	4.5451
SE	4.1489	0.2661	0.4878	0.2461	-0.4148	-0.1715	3.3452	2.6981	0.693	4.6619	4.4708
BA	6.563	0.3124	0.4599	0.2277	-0.1469	-0.3476	5.3822	5.1562	0.693	4.6271	4.5075
MG	7.0477	0.343	0.2326	0.4245	-0.3084	0.0458	6.5935	5.6185	0.693	4.6646	4.7083
ES	4.9367	0.3222	0.3042	0.3736	-0.1916	0.3087	4.3328	3.7176	0.693	4.6506	4.6994
RJ	5.2932	0.3395	0.2407	0.4198	-0.0262	0.8845	4.7079	4.1758	0.693	4.5253	4.6304
SP	7.5293	0.3846	0.1695	0.4459	0.2687	1.342	6.5273	6.4667	0.693	4.5475	4.5998
PR	6.955	0.385	0.2814	0.3335	-0.0992	0.8516	5.8323	6.5451	0.693	4.6287	4.6663
SC	5.5617	0.3978	0.3049	0.2974	-0.4629	0.2078	5.287	4.988	0.693	4.5498	4.6508
RS	7.0146	0.4054	0.2197	0.3748	-0.1549	0.5157	6.1297	6.3881	0.693	4.6177	4.6991
GO	6.1798	0.3611	0.1714	0.4674	-0.3377	-0.6675	5.7258	4.8331	0.693	4.6548	4.7811
MT	6.3525	0.3233	0.2073	0.4695	0.3975	-0.6545	5.4493	3.743	0.693	4.6895	4.6423

AC/1980	3.0908	0.1928	0.621	0.1862	-0.0382	-2.6932	2.2438	2.3291	1.099	4.2459	4.3011
AM	4.2429	0.2808	0.6511	0.0681	-0.3608	-2.6355	2.5864	3.8095	1.099	4.4709	4.5511
RO	4.7403	0.2578	0.5136	0.2286	0.8009	-0.7291	2.7098	2.8256	1.099	4.0657	4.3808
RR	2.0222	0.4306	0.3953	0.174	0.1775	-2.9294	1.7215	0.6915	1.099	4.7407	4.3701
AP	2.3411	0.2119	0.7482	0.0399	1.2242	-2.59	0.777	0.5277	1.099	4.5897	4.4303
PA	5.5115	0.2928	0.5715	0.1357	-0.0582	-1.6821	4.4129	4.7682	1.099	4.5938	4.8065
MA	5.4361	0.1902	0.7252	0.0846	-0.4224	-1.698	4.4145	4.499	1.099	4.7274	4.6829
PI	5.015	0.2098	0.724	0.0663	-0.1324	-2.0044	3.6106	3.2088	1.099	4.888	4.7181
CE	5.4201	0.319	0.5028	0.1782	-0.465	-1.025	4.5162	4.3117	1.099	4.7204	4.7046
RN	4.8694	0.3037	0.5309	0.1653	-0.0326	-0.7011	3.4717	3.4707	1.099	4.7823	4.7103
PB	5.0292	0.288	0.5199	0.1922	-0.3017	-0.4014	3.7875	3.9149	1.099	4.8018	4.6224
PE	5.8412	0.3025	0.5321	0.1654	-0.0826	-0.0641	4.6247	4.9197	1.099	4.4828	4.6451
AL	4.9385	0.3145	0.4961	0.1894	-0.2124	0.2002	3.327	4.4918	1.099	4.7321	4.7203
SE	4.5303	0.2423	0.4538	0.304	-0.111	0.409	3.5476	2.98	1.099	4.6639	4.6641
BA	6.5929	0.322	0.4437	0.2343	-0.2512	-0.4375	5.444	5.5415	1.099	4.7144	4.7515
MG	7.0553	0.3614	0.2631	0.3755	-0.247	-0.0446	6.6959	5.9259	1.099	4.6801	4.7279
ES	5.0795	0.3503	0.3422	0.3075	-0.0828	0.2928	4.3411	4.4078	1.099	4.8272	4.8706
RJ	4.9926	0.3288	0.2944	0.3768	-0.1886	0.5943	4.6146	4.1993	1.099	4.4393	4.6218
SP	7.6147	0.3901	0.174	0.4359	0.3432	1.4663	6.5611	6.7096	1.099	4.4647	4.5639
PR	6.8934	0.3565	0.2633	0.3802	-0.1253	0.8799	6.0043	6.4082	1.099	4.5207	4.6372
SC	5.6879	0.4041	0.32	0.2759	-0.3016	0.2027	5.5603	5.3331	1.099	4.4166	4.7528
RS	6.9237	0.3958	0.2444	0.3598	-0.0998	0.4147	6.3942	6.3835	1.099	4.6634	4.605
GO	6.6454	0.3187	0.1681	0.5132	0.0004	-0.1485	6.0531	4.9687	1.099	4.8016	4.6238
MT	6.4097	0.3501	0.174	0.4759	0.1821	-0.7749	5.987	5.0157	1.099	4.9691	4.4132
AC/1985	4.2173	0.1416	0.7417	0.1168	1.3144	-1.7744	2.4323	2.319	1.386	4.2925	3.9677
AM	5.1305	0.186	0.763	0.051	0.7606	-1.7001	2.9409	3.9185	1.386	4.4505	4.8365
RO	3.9885	0.2497	0.4261	0.3242	-0.506	-1.1157	3.4719	3.4999	1.386	3.8907	4.2466
RR	1.7971	0.41	0.4092	0.1809	-0.0818	-2.8194	2.2074	0.9427	1.386	4.831	4.4489
AP	3.5395	0.2236	0.7298	0.0466	2.3125	-1.7282	1.0912	1.1235	1.386	4.8112	4.2328
PA	5.8458	0.241	0.6284	0.1306	0.4564	-1.4403	4.7645	4.8766	1.386	4.5455	4.9688
MA	5.7589	0.2484	0.6736	0.078	0.0627	-1.3177	4.5808	4.357	1.386	4.7996	4.6287
PI	4.9794	0.2187	0.7191	0.0622	0.0314	-2.0504	3.9835	3.3541	1.386	4.7814	4.3723
CE	5.296	0.3328	0.5139	0.1533	-0.4648	-0.9329	4.8617	4.4368	1.386	4.7154	4.3893
RN	4.6149	0.2838	0.566	0.1503	0.025	-0.8166	3.9548	3.5418	1.386	4.7064	4.333
PB	4.8259	0.2799	0.5469	0.1732	-0.3521	-0.5434	4.2399	4.0899	1.386	4.7112	4.2005
PE	5.3776	0.2916	0.5737	0.1346	-0.3016	-0.5506	4.9714	5.0112	1.386	4.6601	4.3995
AL	4.8557	0.3271	0.4684	0.2045	-0.2771	0.3308	3.6558	4.6157	1.386	4.9361	4.4683
SE	4.9964	0.2593	0.4918	0.2489	0.4951	0.8108	3.8928	3.2332	1.386	4.9715	4.4896
BA	6.763	0.3597	0.4047	0.2356	-0.1289	-0.2103	5.6592	5.9602	1.386	4.8881	4.8052
MG	6.8295	0.3454	0.2347	0.4199	-0.5148	0.0001	6.7244	6.6005	1.386	4.6391	4.8153
ES	5.3553	0.379	0.26	0.3611	-0.0109	0.846	4.3617	5.1197	1.386	4.6009	4.9713
RJ	4.8659	0.3401	0.3114	0.3485	-0.1135	0.5165	4.777	4.332	1.386	4.548	4.6234
SP	7.4624	0.4066	0.1766	0.4167	0.4431	1.4195	6.603	7.0667	1.386	4.4773	4.6149
PR	6.0167	0.4025	0.2017	0.3958	-1.0849	0.1531	6.1564	6.6314	1.386	4.5333	4.5162
SC	5.8758	0.4758	0.2618	0.2625	-0.1664	0.4703	6.0017	5.3771	1.386	4.5359	4.5557
RS	6.4092	0.4157	0.247	0.3373	-0.3891	0.0053	6.2897	6.4579	1.386	4.5818	4.5955
GO	6.2018	0.4048	0.173	0.4222	-0.2936	-0.6153	6.1953	5.1707	1.386	4.7862	4.42
MT	6.304	0.3911	0.1362	0.4727	-0.08	-0.7921	6.2544	5.3643	1.386	4.8859	4.2552

Fonte: Dados da pesquisa, extraídos dos Censos Agropecuários de 1970/75/80/85.

Tabela 2C Dados utilizados no processo de estimação das equações (6) e (7). Região de Fronteira, 1970 a 1985.

UF/ANO/EST.	LCT/LPK	SK	SL	ST	LPL/LPK	LPT/LPK	LYA	LYV	LT	LPA	LPV
AC/1970/ I	2.6208	0.3184	0.6595	0.0221	0.2415	0.5169	0.3443	1.9922	0.0000	4.6052	4.6052
II	4.0239	0.2876	0.6419	0.0705	0.2279	-0.4117	2.7670	3.7496	0.0000	4.6052	4.6052
III	5.7142	0.2189	0.5822	0.1989	1.3806	-0.5095	2.7276	4.2757	0.0000	4.6052	4.6052
AM/70/ I	6.4059	0.2823	0.6804	0.0373	1.0147	2.0730	2.2144	4.8614	0.0000	4.6052	4.6052
II	5.8614	0.2611	0.6529	0.0860	0.5487	0.2871	3.4467	4.9441	0.0000	4.6052	4.6052
III	4.9157	0.1870	0.6312	0.1818	0.4677	-1.1372	2.7164	4.0867	0.0000	4.6052	4.6052
RO/70/ I	1.3871	0.1350	0.8430	0.0220	0.4918	0.2487	-1.7596	1.3519	0.0000	4.6052	4.6052
II	3.0004	0.2864	0.6565	0.0571	0.1312	-0.5402	1.1493	3.1873	0.0000	4.6052	4.6052
III	2.7908	0.4426	0.4994	0.0580	-0.4199	-3.4849	1.3678	3.2589	0.0000	4.6052	4.6052
RR/70/ I	1.0677	0.3669	0.6138	0.0194	0.4118	0.7195	-0.8008	1.3893	0.0000	4.6052	4.6052
II	1.1758	0.5593	0.4212	0.0195	-0.1736	-1.0476	-0.0722	1.0134	0.0000	4.6052	4.6052
III	2.7900	0.7034	0.2332	0.0634	-0.7002	-3.6321	3.3215	1.8416	0.0000	4.6052	4.6052
AP/70/ I	0.9612	0.2245	0.7488	0.0267	-0.3270	0.7075	-0.6842	0.7355	0.0000	4.6052	4.6052
II	2.6701	0.2517	0.7070	0.0413	0.4112	-0.3406	1.1371	2.1992	0.0000	4.6052	4.6052
III	3.0114	0.6066	0.2642	0.1292	0.4469	-1.6016	2.3331	1.5244	0.0000	4.6052	4.6052
PA/70/ I	6.3074	0.3339	0.6334	0.0327	0.1680	1.5095	2.9179	4.8679	0.0000	4.6052	4.6052
II	5.8558	0.3618	0.6125	0.0257	-0.4030	-1.0086	3.8306	5.4451	0.0000	4.6052	4.6052
III	5.4844	0.5433	0.3165	0.1402	0.1890	-1.6702	4.5518	4.1799	0.0000	4.6052	4.6052
GO/70/ I	3.8364	0.3724	0.5268	0.1008	-0.8890	0.6631	2.9179	3.9001	0.0000	4.6052	4.6052
II	5.9809	0.4218	0.3999	0.1783	-0.6932	-0.0155	5.2313	5.6534	0.0000	4.6052	4.6052
III	7.0013	0.5028	0.2319	0.2652	-0.4403	-0.9259	6.7052	6.3449	0.0000	4.6052	4.6052
MT-MS/70/ I	5.3045	0.3378	0.6088	0.0534	-0.2624	0.7794	3.3874	5.0747	0.0000	4.6052	4.6052
II	5.7520	0.4183	0.4491	0.1326	-0.1899	0.5379	4.4264	5.3409	0.0000	4.6052	4.6052
III	7.2140	0.4449	0.1107	0.4444	-0.0372	-0.5612	6.8739	5.1143	0.0000	4.6052	4.6052
AC/1975/ I	3.4937	0.1495	0.8286	0.0219	0.5208	0.8896	0.7006	1.7591	0.6931	4.4106	4.2747
II	3.5163	0.2545	0.6590	0.0865	-0.5133	-1.2231	2.6292	3.2860	0.6931	4.4106	4.2747
III	5.6910	0.1691	0.6770	0.1538	1.1948	-1.1154	3.3496	3.9494	0.6931	4.4106	4.2747
AM/75/ I	5.7366	0.2744	0.7110	0.0146	-0.4115	-0.0331	2.5135	5.2986	0.6931	4.5186	4.5658
II	5.7450	0.2860	0.6851	0.0289	0.0078	-0.7551	3.4946	4.8880	0.6931	4.5186	4.5658
III	4.5260	0.3144	0.3618	0.3238	0.1973	-1.6805	2.9554	2.8103	0.6931	4.5186	4.5658
RO/75/ I	2.5371	0.2141	0.7343	0.0516	-0.9222	0.1008	0.3413	2.7321	0.6931	4.3723	4.4105
II	4.3963	0.2459	0.6273	0.1268	0.2579	0.0602	2.2086	3.5243	0.6931	4.3723	4.4105
III	5.8647	0.2408	0.5853	0.1739	0.9315	-0.4377	3.1099	4.1796	0.6931	4.3723	4.4105
RR/75/ I	4.0087	0.2934	0.6748	0.0318	1.2666	2.6401	1.4312	1.6882	0.6931	4.6675	4.4493
II	3.2493	0.5811	0.3785	0.0404	0.5182	0.7923	1.8714	1.0809	0.6931	4.6675	4.4493
III	3.1340	0.6167	0.2310	0.1523	-0.6341	-2.8187	3.0802	1.4366	0.6931	4.6675	4.4493
AP/75/ I	2.6312	0.1446	0.8525	0.0029	0.8427	-0.5681	0.4372	1.2676	0.6931	4.5839	4.3686
II	2.3111	0.3162	0.6814	0.0024	-0.7707	-4.3759	1.5092	2.5078	0.6931	4.5839	4.3686
III	3.2449	0.5502	0.3698	0.0799	0.2933	-2.2059	2.4036	1.2383	0.6931	4.5839	4.3686
PA/75/ I	5.9541	0.2046	0.7775	0.0178	-0.3849	0.0306	3.2506	5.0361	0.6931	4.5966	4.5218
II	6.4588	0.2432	0.7345	0.0223	-0.1126	-1.3567	4.0966	5.6980	0.6931	4.5966	4.5218
III	6.3901	0.4104	0.4805	0.1090	0.5771	-1.8432	5.2384	4.8850	0.6931	4.5966	4.5218
GO/75/ I	4.1826	0.3823	0.5031	0.1145	-1.1051	0.6904	3.3522	4.3884	0.6931	4.6548	4.7811
II	6.2241	0.4257	0.3438	0.2305	-0.9091	0.1935	5.6901	5.8869	0.6931	4.6548	4.7811
III	7.8917	0.4532	0.1889	0.3579	-0.1954	-0.2707	7.4003	6.8034	0.6931	4.6548	4.7811
MT-MS/75/ I	5.2324	0.2340	0.6777	0.0883	-0.7114	0.7917	3.3987	5.1102	0.6931	4.6895	4.6423
II	5.8218	0.3309	0.4837	0.1853	-0.4537	0.5477	4.6559	5.4469	0.6931	4.6895	4.6423
III	8.2530	0.3690	0.1064	0.5246	0.4037	0.2601	7.2124	6.3215	0.6931	4.6895	4.6423
AC/1980/ I	2.3769	0.0719	0.9025	0.0256	-0.0624	0.0910	0.3329	1.6256	1.0986	4.2459	4.3011
II	4.3524	0.1006	0.8462	0.0532	0.2546	-1.0978	2.4882	3.7849	1.0986	4.2459	4.3011
III	4.9240	0.1993	0.6199	0.1808	0.3246	-1.8316	3.5213	4.2622	1.0986	4.2459	4.3011

AM/80/ I	5.2700	0.2380	0.7330	0.0290	-0.5397	0.2520	2.0904	5.2856	1.0986	4.4709	4.5511
II	5.4764	0.2569	0.7035	0.0397	-0.3673	-1.0333	3.4102	5.4899	1.0986	4.4709	4.5511
III	5.2206	0.3148	0.5882	0.0970	0.3907	-2.1498	3.3693	4.3996	1.0986	4.4709	4.5511
RO/80/ I	4.4192	0.1426	0.7995	0.0579	0.4053	1.1660	1.4856	3.2976	1.0986	4.0657	4.3808
II	5.7372	0.1678	0.6908	0.1414	0.8508	0.2831	3.1999	4.4843	1.0986	4.0657	4.3808
III	6.3299	0.2683	0.5533	0.1784	1.2073	-0.1576	3.8430	4.4022	1.0986	4.0657	4.3808
RR/80/ I	2.4840	0.1465	0.8404	0.0131	1.2686	1.1977	0.0822	1.1357	1.0986	4.7407	4.3701
II	1.4704	0.2472	0.6970	0.0558	-0.0361	-0.8835	-0.2777	1.3109	1.0986	4.7407	4.3701
III	3.7432	0.4017	0.4318	0.1665	0.1507	-2.2717	3.2616	2.8050	1.0986	4.7407	4.3701
AP/80/ I	-0.2249	0.1292	0.8627	0.0080	-1.8779	-2.9448	0.2869	1.2633	1.0986	4.5897	4.4303
II	2.3504	0.1307	0.8353	0.0340	0.1532	-1.4667	0.4925	2.2237	1.0986	4.5897	4.4303
III	3.5138	0.2411	0.7174	0.0415	1.2740	-2.2921	2.0748	1.6619	1.0986	4.5897	4.4303
PA/80-/ I	5.6421	0.1578	0.8155	0.0267	-0.5356	0.1290	3.3200	5.5819	1.0986	4.5938	4.8065
II	6.8951	0.2226	0.7463	0.0311	0.1182	-0.8788	4.4650	6.7250	1.0986	4.5938	4.8065
III	6.5757	0.3467	0.4353	0.2180	0.2251	-0.9988	5.7013	5.6203	1.0986	4.5938	4.8065
GO/80/ I	4.5024	0.2175	0.6660	0.1164	-0.2976	1.3703	3.1277	4.2408	1.0986	4.8016	4.6238
II	6.6575	0.2724	0.4369	0.2907	-0.1013	1.0088	5.7080	5.9264	1.0986	4.8016	4.6238
III	8.2771	0.3496	0.2077	0.4426	0.2107	0.3758	7.4968	7.1207	1.0986	4.8016	4.6238
MT-MS/80/ I	5.1625	0.1366	0.7415	0.1219	-0.2374	1.4812	3.0692	4.8149	1.0986	4.9691	4.4132
II	6.2087	0.2449	0.4960	0.2591	0.1080	1.2381	4.7996	5.5825	1.0986	4.9691	4.4132
III	8.3307	0.3424	0.1394	0.5182	0.4283	0.2264	7.5248	7.2235	1.0986	4.9691	4.4132
AC/1985/ I	2.4899	0.0568	0.9297	0.0134	0.3783	-0.1008	0.3733	1.8289	1.3863	4.2925	3.9677
II	4.2294	0.1444	0.7460	0.1096	-0.1806	-1.1653	3.0733	4.4447	1.3863	4.2925	3.9677
III	4.4276	0.1460	0.7390	0.1150	0.2672	-2.4579	3.7305	4.4540	1.3863	4.2925	3.9677
AM/85/ I	7.4334	0.1916	0.7876	0.0208	1.8037	2.1360	2.8543	5.8157	1.3863	4.4505	4.8365
II	5.8023	0.2169	0.7348	0.0484	-0.0050	-0.7026	3.8273	6.0925	1.3863	4.4505	4.8365
III	5.4261	0.2301	0.6898	0.0802	1.0552	-1.7212	3.7966	4.5882	1.3863	4.4505	4.8365
RO/85/ I	3.0639	0.2054	0.6447	0.1499	-1.6118	0.2191	2.4501	4.6026	1.3863	3.8907	4.2466
II	4.9368	0.1767	0.5478	0.2755	-0.8451	-0.2993	4.2916	5.6970	1.3863	3.8907	4.2466
III	5.5288	0.4104	0.3331	0.2565	0.0272	-0.4576	4.5906	5.1931	1.3863	3.8907	4.2466
RR/85/ I	1.2692	0.0707	0.9255	0.0038	0.4784	-0.7446	-0.4837	0.6093	1.3863	4.8310	4.4489
II	2.2705	0.1519	0.7788	0.0692	0.1435	-1.7079	1.2617	2.5058	1.3863	4.8310	4.4489
III	3.4333	0.4197	0.3875	0.1928	-0.1883	-2.1218	3.8536	3.4241	1.3863	4.8310	4.4489
AP/85/ I	2.9069	0.1184	0.8561	0.0255	0.9242	1.3653	0.4631	1.8925	1.3863	4.8112	4.2328
II	4.7148	0.1586	0.8088	0.0326	2.6337	1.0745	1.7260	2.0058	1.3863	4.8112	4.2328
III	6.0487	0.7746	0.2001	0.0253	2.2716	-0.8517	2.2683	3.6787	1.3863	4.8112	4.2328
PA/85-/ I	5.6681	0.1170	0.8554	0.0276	-0.2603	0.3896	3.5871	5.7636	1.3863	4.5455	4.9688
II	6.3370	0.1815	0.7701	0.0484	-0.3008	-1.0943	4.9854	6.9523	1.3863	4.5455	4.9688
III	6.6510	0.3790	0.4402	0.1808	0.2136	-1.2152	6.1852	6.8278	1.3863	4.5455	4.9688
GO/85/ I	3.8485	0.2273	0.6452	0.1275	-1.2149	0.3678	3.7248	5.0056	1.3863	4.7862	4.4200
II	6.0203	0.3299	0.3524	0.3177	-0.8545	0.4584	6.0386	6.3872	1.3863	4.7862	4.4200
III	7.9835	0.3624	0.1522	0.4855	-0.1970	0.3113	7.7468	7.7529	1.3863	4.7862	4.4200
MT-MS/85/ I	4.2624	0.1545	0.7295	0.1161	-0.9200	0.5997	3.4056	5.1947	1.3863	4.8859	4.2552
II	5.5305	0.2962	0.3973	0.3064	-0.7230	0.5879	5.2236	6.2807	1.3863	4.8859	4.2552
III	8.0334	0.3836	0.1016	0.5148	-0.1345	-0.0242	7.9170	8.0098	1.3863	4.8859	4.2552

Fonte: Dados da pesquisa

Tabela 3C Dados utilizados no processo de estimação das equações (6) e (7). Região Desenvolvida, 1970 a 1985.

SUL-SUD	SL	ST	SK	LCT/LPK	LPL/LPK	LPT/LPK	LYA	LYV	LT	LPA	LPV
MG/1970/ I	0.5538	0.1418	0.3044	4.1245	-0.9773	-0.2886	3.2106	3.2894	0.0000	4.6052	4.6052
II	0.4058	0.2666	0.3275	5.7254	-0.7449	-0.7241	5.1040	4.7124	0.0000	4.6052	4.6052
III	0.3238	0.2848	0.3914	6.1550	-0.0999	-1.4890	5.8247	5.0485	0.0000	4.6052	4.6052
ES/70/ I	0.5859	0.1347	0.2794	2.1367	-0.5969	-0.1846	0.8284	1.2796	0.0000	4.6052	4.6052
II	0.5213	0.1880	0.2907	4.2509	-0.3570	-0.8478	3.2827	3.5471	0.0000	4.6052	4.6052
III	0.3905	0.2458	0.3638	3.9495	0.2297	-0.9966	3.2767	2.8025	0.0000	4.6052	4.6052
RJ/70/ I	0.5275	0.1058	0.3667	4.1672	0.2474	0.8284	2.9949	3.1754	0.0000	4.6052	4.6052
II	0.4149	0.1962	0.3889	4.1994	0.0248	-0.2312	3.4604	3.2051	0.0000	4.6052	4.6052
III	0.3286	0.2922	0.3793	4.3466	0.3112	-0.5731	3.6879	3.1252	0.0000	4.6052	4.6052
SP/70/ I	0.4516	0.1557	0.3927	5.5773	0.2181	1.1523	4.3599	4.5250	0.0000	4.6052	4.6052
II	0.3485	0.2593	0.3922	6.4921	0.2929	0.5677	5.1280	5.4521	0.0000	4.6052	4.6052
III	0.2242	0.3673	0.4086	6.7453	0.4620	0.1163	5.7010	5.7092	0.0000	4.6052	4.6052
PR/70/ I	0.5467	0.1834	0.2699	5.4786	-0.4253	0.3761	4.0530	4.6337	0.0000	4.6052	4.6052
II	0.4336	0.2166	0.3498	6.2465	-0.0753	0.1323	4.8927	5.1941	0.0000	4.6052	4.6052
III	0.2200	0.3315	0.4485	6.0229	0.6250	0.1512	4.4183	4.8693	0.0000	4.6052	4.6052
SC/70/ I	0.5702	0.1522	0.2776	3.9621	-0.4370	0.2840	3.0817	3.2484	0.0000	4.6052	4.6052
II	0.4352	0.2062	0.3585	5.1687	-0.4733	-0.3887	4.5470	4.5934	0.0000	4.6052	4.6052
III	0.2848	0.3657	0.3496	3.9802	0.2647	-1.0537	2.9327	2.8430	0.0000	4.6052	4.6052
RS/70/ I	0.5783	0.1342	0.2875	5.0339	-0.1424	0.2825	3.9525	4.0500	0.0000	4.6052	4.6052
II	0.4078	0.2332	0.3590	6.3255	-0.0073	-0.0115	5.2725	5.6120	0.0000	4.6052	4.6052
III	0.1348	0.4137	0.4515	6.0662	0.4197	-0.5278	5.4068	5.1156	0.0000	4.6052	4.6052
MG/1975/ I	0.5974	0.1198	0.2828	4.6024	-0.7468	-0.2396	3.9425	3.4307	0.6931	4.6646	4.7083
II	0.4458	0.2547	0.2994	6.0622	-0.5507	-0.6652	5.6224	4.7670	0.6931	4.6646	4.7083
III	0.3322	0.2959	0.3719	6.7731	0.2431	-1.1477	6.3874	5.1207	0.6931	4.6646	4.7083
ES/75/ I	0.6081	0.1387	0.2532	2.1833	-0.5232	0.0098	1.0920	1.0568	0.6931	4.6506	4.6994
II	0.5253	0.2037	0.2710	4.4742	-0.3058	-0.6238	3.6733	3.3141	0.6931	4.6506	4.6994
III	0.4320	0.2313	0.3366	4.4878	0.4208	-0.9056	4.0044	2.8716	0.6931	4.6506	4.6994
RJ/75/ I	0.5302	0.1584	0.3114	4.3668	0.2193	1.2997	3.1118	3.0404	0.6931	4.5253	4.6304
II	0.4083	0.2552	0.3365	4.5844	0.1092	0.1668	3.9041	3.3224	0.6931	4.5253	4.6304
III	0.2531	0.2733	0.4736	4.4460	-0.0808	-0.8132	4.2213	3.3076	0.6931	4.5253	4.6304
SP/75/ I	0.4558	0.1646	0.3797	5.6536	0.3371	1.4249	4.6004	4.4550	0.6931	4.5475	4.5998
II	0.3589	0.2636	0.3775	6.6209	0.2819	0.5656	5.5875	5.5913	0.6931	4.5475	4.5998
III	0.2344	0.3460	0.4196	7.0947	0.5736	0.1436	6.2106	5.9828	0.6931	4.5475	4.5998
PR/75/ I	0.6760	0.1285	0.1955	5.5427	-0.2521	0.1132	4.3092	4.8537	0.6931	4.6287	4.6663
II	0.4531	0.1879	0.3590	6.3899	-0.1548	-0.0693	5.2207	5.9440	0.6931	4.6287	4.6663
III	0.2455	0.2763	0.4782	6.2012	0.4507	-0.3020	5.1430	5.6744	0.6931	4.6287	4.6663
SC/75/ I	0.5791	0.1170	0.3039	4.1581	-0.5579	0.0149	3.6864	3.2662	0.6931	4.5498	4.6508
II	0.4482	0.1577	0.3942	5.2350	-0.6232	-0.7772	5.1789	4.7511	0.6931	4.5498	4.6508
III	0.2725	0.3143	0.4132	4.5663	0.4722	-0.8229	3.5657	3.3691	0.6931	4.5498	4.6508
RS/75/ I	0.5793	0.1244	0.2963	4.8456	-0.6190	-0.0904	4.2747	4.1433	0.6931	4.6177	4.6991
II	0.3978	0.2002	0.4020	6.2905	-0.4503	-0.4008	5.5436	5.8449	0.6931	4.6177	4.6991
III	0.1522	0.3551	0.4927	6.4142	0.3535	-0.5567	5.5578	5.6544	0.6931	4.6177	4.6991
MG/1980/ I	0.6403	0.1169	0.2428	4.7131	-0.5666	-0.1345	3.8639	3.6715	1.0986	4.6801	4.7279
II	0.4853	0.2289	0.2858	6.2140	-0.3186	-0.5895	5.7966	5.1083	1.0986	4.6801	4.7279
III	0.3470	0.2623	0.3907	6.9177	0.2741	-1.1204	6.5510	5.4720	1.0986	4.6801	4.7279

ES/80/ I	0.6163	0.1118	0.2719	2.3657	-0.4942	-0.0947	1.2629	1.6082	1.0986	4.8272	4.8706
II	0.5178	0.1778	0.3044	4.6189	-0.2393	-0.5371	3.6952	4.0108	1.0986	4.8272	4.8706
III	0.4887	0.2075	0.3038	4.7642	0.5196	-0.7511	4.0761	3.6209	1.0986	4.8272	4.8706
RJ/80/ I	0.6404	0.1308	0.2288	4.1647	0.0842	0.9914	2.9689	3.0440	1.0986	4.4393	4.6218
II	0.4715	0.2234	0.3051	4.2548	-0.0572	-0.1783	3.8242	3.3177	1.0986	4.4393	4.6218
III	0.3523	0.2710	0.3767	4.1789	-0.0736	-0.9902	4.2340	3.4222	1.0986	4.4393	4.6218
SP/80/ I	0.4471	0.1659	0.3870	5.3373	0.0555	1.1954	4.5169	4.5237	1.0986	4.4647	4.5639
II	0.3242	0.2984	0.3773	6.6568	0.2224	0.7748	5.7516	5.7338	1.0986	4.4647	4.5639
III	0.2539	0.3243	0.4218	7.2185	0.6682	0.2466	6.2791	6.3523	1.0986	4.4647	4.5639
PR/80/ I	0.6429	0.1493	0.2078	5.3336	-0.2908	0.2307	4.2474	4.6381	1.0986	4.5207	4.6372
II	0.4118	0.2384	0.3498	6.3590	-0.1779	0.1157	5.4756	5.8929	1.0986	4.5207	4.6372
III	0.2589	0.3291	0.4120	6.0849	0.2681	-0.3537	5.4427	5.5369	1.0986	4.5207	4.6372
SC/80/ I	0.5357	0.1482	0.3161	4.0776	-0.7025	0.0899	4.0336	3.5761	1.0986	4.4166	4.7528
II	0.4376	0.1616	0.4008	5.4258	-0.4450	-0.6003	5.4688	5.0746	1.0986	4.4166	4.7528
III	0.3428	0.2864	0.3708	4.5283	0.4872	-1.0549	3.9545	3.9214	1.0986	4.4166	4.7528
RS/80/ I	0.5707	0.1296	0.2997	5.0030	-0.4306	0.1112	4.5806	4.1819	1.0986	4.6634	4.6050
II	0.4192	0.2055	0.3753	6.2951	-0.3027	-0.3468	5.8027	5.8433	1.0986	4.6634	4.6050
III	0.1941	0.3158	0.4900	6.1946	0.2504	-0.8813	5.9067	5.6796	1.0986	4.6634	4.6050
MG/1985/ I	0.6422	0.1463	0.2115	4.3907	-0.9244	-0.2540	4.3435	4.0410	1.3863	4.6391	4.8153
II	0.4602	0.2894	0.2505	6.0012	-0.4624	-0.4361	5.9112	5.6297	1.3863	4.6391	4.8153
III	0.3293	0.3478	0.3229	6.7948	0.2766	-0.7284	6.5615	6.3014	1.3863	4.6391	4.8153
ES/85/ I	0.5845	0.1533	0.2622	2.8196	-0.1788	0.5467	1.9158	2.3170	1.3863	4.6009	4.9713
II	0.4575	0.2435	0.2990	5.0508	0.2058	0.3412	3.7723	4.6033	1.3863	4.6009	4.9713
III	0.3737	0.2925	0.3338	4.9619	0.5797	-0.0152	4.0664	4.5213	1.3863	4.6009	4.9713
RJ/85/ I	0.6604	0.1258	0.2138	3.7334	-0.2248	0.5948	3.1444	3.3264	1.3863	4.5480	4.6234
II	0.4549	0.2421	0.3030	4.2783	0.1643	0.0529	4.1317	3.4703	1.3863	4.5480	4.6234
III	0.4903	0.2448	0.2649	4.4933	0.8527	-0.5748	4.3198	3.4608	1.3863	4.5480	4.6234
SP/85/ I	0.5005	0.1581	0.3414	5.0045	0.0704	1.0041	4.6742	4.6365	1.3863	4.4773	4.6149
II	0.3416	0.2994	0.3590	6.6209	0.5510	0.9069	5.9379	6.0851	1.3863	4.4773	4.6149
III	0.2623	0.3631	0.3746	7.3763	1.1208	0.7278	6.2754	6.7712	1.3863	4.4773	4.6149
PR/85/ I	0.5548	0.1976	0.2476	4.3482	-1.2686	-0.3053	4.4979	4.7350	1.3863	4.5333	4.5162
II	0.3293	0.2901	0.3806	5.5013	-1.0054	-0.3628	5.7090	6.0862	1.3863	4.5333	4.5162
III	0.2244	0.3794	0.3962	5.4744	-0.2078	-0.6788	5.5639	5.8831	1.3863	4.5333	4.5162
SC/85/ I	0.5020	0.1498	0.3481	4.3508	-0.4324	0.3814	4.6522	3.8971	1.3863	4.5359	4.5557
II	0.3905	0.1813	0.4282	5.7284	-0.0058	0.0030	5.9362	5.0546	1.3863	4.5359	4.5557
III	0.2440	0.2498	0.5062	4.6498	0.4228	-0.8782	4.3344	4.0104	1.3863	4.5359	4.5557
RS/85/ I	0.6418	0.1144	0.2438	4.6873	-0.4650	-0.2323	4.6717	4.3365	1.3863	4.5818	4.5955
II	0.4746	0.1980	0.3274	5.9389	-0.2316	-0.5370	5.8168	5.8478	1.3863	4.5818	4.5955
III	0.1892	0.3648	0.4461	5.9379	0.1975	-0.7626	5.7498	5.8477	1.3863	4.5818	4.5955

Fonte: Dados da pesquisa.

Glossário dos símbolos utilizados nas tabelas acima:

LCT/LPK: logaritmo do custo total dividido pelo preço do capital;

LPL/LPK: logaritmo do preço do trabalho dividido pelo preço do capital;

LPT/LPK: logaritmo do preço da terra dividido pelo preço do capital;

SK: parcela dos gastos com o fator capital no custo total;

SL: parcela dos gastos com o fator trabalho no custo total;

ST: parcela dos gastos com o fator terra no custo total;

LYA: logaritmo do índice de produção animal;

LYV: logaritmo do índice de produção vegetal;

LT: logaritmo do tempo;

LPA: logaritmo do índice de preços produção animal;

LPV: logaritmo do índice de preços produção vegetal;

APÊNDICE D: Cálculo da Taxa de Crescimento do Custo Médio - $G(CMe_i)$

O custo unitário da produção de um bem (CMe_i) é definido como a razão entre o custo total da produção desse bem (CT_i) e seu nível de produção (Q_i), isto é:

$$CMe_i = CT_i / Q_i \quad (1D)$$

Aplicando logaritmos neperianos, vem:

$$\ln CMe_i = \ln CT_i - \ln Q_i \quad (2D)$$

A taxa de crescimento do custo médio - $G(CMe_i)$ - é definida como a variação de (2D) no tempo, ou seja:

$$G(CMe_i) = \frac{\partial \ln CMe_i}{\partial t} = \frac{\partial \ln CT_i - \partial \ln Q_i}{\partial t} \quad (3D)$$

Como: $Q_i = VP_i / P_i$, onde VP_i é o valor da produção e P_i o preço do produto i ; isto implica que:

$$\ln Q_i = \ln VP_i - \ln P_i \quad (4D)$$

Substituindo (4D) em (3D) vem:

$$G(CMe_i) = \frac{\partial \ln CT_i}{\partial t} - \frac{\partial \ln VP_i}{\partial t} + \frac{\partial \ln P_i}{\partial t} \quad (5D)$$

A alocação do custo total entre as atividades produção vegetal e produção animal foi feita sob a hipótese de que o custo por setor é proporcional ao valor da produção do referido setor relativamente ao valor da produção total.

Esta pressuposição se baseia nas condições de equilíbrio a longo-prazo de um setor sob concorrência perfeita, que ocorre sob lucros normais, isto é, na situação em que o custo total do setor é igual a sua receita total (no caso, o valor de sua produção).

Os valores encontrados para $G(CMe_i)$ e utilizados nos cálculos dos vieses de produção para o Brasil e para as regiões desenvolvida e de fronteira foram:

Tabela 1D Taxas de crescimento do custo médio. Brasil, 1970/85

ANO	$G(CMe_A)$	$G(CMe_V)$
70/75	0,0620	0,0390
75/80	-0,0201	-0,0176
80/85	0,0421	-0,1948
70/85	0,0274	-0,0633

Fonte: Dados da Pesquisa

Tabela 2D Taxas de crescimento do custo médio. Regiões desenvolvida e de fronteira, 1970/85

ANO/EST.		REGIÃO DESENVOLVIDA		REGIÃO DE FRONTEIRA	
		$G(CMe_A)$	$G(CMe_V)$	$G(CMe_A)$	$G(CMe_V)$
70/75	I	0,0059	0,0155	-0,0235	-0,0435
	II	0,0391	0,0440	0,0094	-0,0032
	III	0,0844	0,0870	0,1167	0,1117
75/80	I	-0,0110	0,0041	0,0089	-0,0087
	II	-0,0173	-0,0006	0,0112	-0,0223
	III	-0,0305	-0,0142	-0,0527	-0,0490
80/85	I	-0,1787	-0,1793	0,0214	0,0145
	II	-0,1641	-0,1602	0,0332	0,0157
	III	-0,1581	-0,1562	0,0778	0,0618
70/85	I	-0,0651	-0,0576	0,0021	-0,0128
	II	-0,0515	-0,0431	0,0179	-0,0034
	III	-0,0399	-0,0330	0,0447	0,0393

Fonte: Dados da Pesquisa

APÊNDICE E: Cálculo das estimativas de “t” para os parâmetros das equações omitidas no processo.

Como explicitado anteriormente, no processo de estimação simultânea das equações (6) e (7) omitiu-se a equação relativa à parcela de gastos com o fator capital no custo total, a fim de evitar a singularidade da matriz de variância-covariância.

Para calcular uma estimativa de t ($\hat{t}$) para os parâmetros omitidos - e determinados através das restrições impostas às equações (6) e (7) - adotou-se o seguinte procedimento:

1^o) A partir da fórmula de $\hat{\beta}_K$, calcula-se a estimativa da variância de $\hat{\beta}_K$ - [$\hat{V}(\hat{\beta}_K)$] - isto é:

$$\hat{\beta}_K = (1 - \hat{\beta}_L - \hat{\beta}_T) \Rightarrow \hat{V}(\hat{\beta}_K) = \hat{V}(\hat{\beta}_L) + \hat{V}(\hat{\beta}_T) + 2 \hat{cov}(\hat{\beta}_L, \hat{\beta}_T);$$

2^o) A partir de $\hat{V}(\hat{\beta}_K)$, calcula-se a estimativa de seu respectivo desvio padrão [$\hat{\sigma}_{(\hat{\beta}_K)}$]:

$$\hat{\sigma}_{(\hat{\beta}_K)} = [\hat{V}(\hat{\beta}_K)]^{1/2};$$

3^o) Calcula-se a estimativa de t ($\hat{t}$):

$$\hat{t} = \frac{\hat{\beta}_K}{\hat{\sigma}_{(\hat{\beta}_K)}}.$$

Os valores de $\hat{V}(\hat{\beta}_L)$, $\hat{V}(\hat{\beta}_T)$ e $\hat{cov}(\hat{\beta}_L, \hat{\beta}_T)$ foram obtidos da matriz de variância-covariância das equações (6) e (7) estimadas simultaneamente.

Para os demais parâmetros omitidos adotou-se procedimento análogo ao acima descrito.