

# Mudança tecnológica e vieses de produção na agropecuária brasileira e em suas regiões, 1979-1985<sup>1</sup>

Roberto Serpa Dias<sup>2</sup>  
Carlos José Caetano Bacha<sup>3</sup>

**Resumo:** Este trabalho utiliza a função custo translogarítmica para analisar os efeitos da mudança tecnológica sobre a composição da produção agropecuária e sobre o uso dos fatores de produção na agropecuária brasileira e em duas regiões selecionadas do país no período de 1970 a 1985. Para todo o país e no período aqui analisado como um todo ocorreu mudança tecnológica direcionada favoravelmente à produção vegetal e contra a produção animal. Tal padrão não se manteve em todos os quinquênios do período analisado e tão pouco entre as regiões analisadas (Sul/Sudeste e Norte/Centro-Oeste).

**Palavras-chave:** inovação tecnológica, vieses de produção, vieses de fatores, agropecuária.

## Introdução

O presente trabalho compara os efeitos da mudança tecnológica sobre a composição da produção agropecuária e sobre o uso dos fatores de produção utilizados na agropecuária brasileira e em duas regiões selecionadas do país - uma desenvolvida e outra de fronteira - entre 1970 e 1985. Para tanto, são calculados os vieses de produção e de uso dos fatores de produção, causados pela mudança tecnológica, entre dois subsetores (produção vegetal e produção animal) da agropecuária brasileira e das regiões supra mencionadas. Em relação ao trabalho de DIAS & BACHA(1998), há o acréscimo da análise por regiões do Brasil.

Entende-se por viés de produção a alteração da composição da produção (*output mix*) em direção a um subsetor da economia, mais beneficiado pela mudança tecnológica. Esta última é entendida como a redução proporcional nos custos de

---

<sup>1</sup> Artigo baseado na tese de Doutorado do primeiro autor, orientada pelo segundo autor.

<sup>2</sup> Professor Adjunto do Departamento de Economia da UFV.

<sup>3</sup> Professor Associado da ESALQ/USP.

produção causada pela inovação quando as técnicas antiga e nova operam em seu nível ótimo e os preços dos fatores não se alteram.

O principal aspecto de uma mudança tecnológica é seu impacto sobre a produtividade e a evolução da compreensão deste fenômeno têm 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.

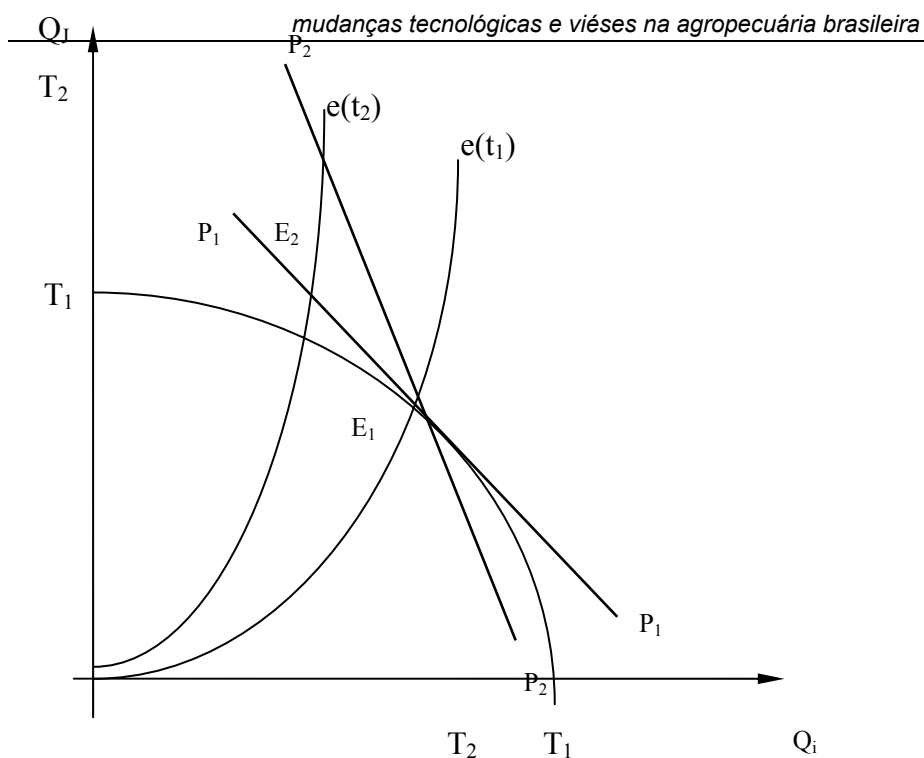
Vários estudos<sup>4</sup> têm produzido estimativas empíricas de viés de uso de fatores de produção gerados pela mudança tecnológica. Entretanto, eles têm omitido a investigação dos impactos de mudanças na composição da produção sobre o viés de uso de fatores, pois seus modelos analíticos empregam funções de produção, de custo ou de lucro para **um único produto** (ou funções uniproduto ou agregadas).

A contribuição do presente trabalho consiste na introdução de uma **estrutura multiproduto** objetivando medir o viés de produção entre os subsetores da agropecuária, representados pela produção vegetal e pela 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.

### Referencial teórico

A teoria microeconômica convencional permite visualizar o viés de produção através da escolha ótima de produção. Considere a figura 1, onde 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  $E_1$ .

<sup>4</sup> Seixas Neto & Pena (1978); Brandt, Wong & Moro (1988); Santos (1986); Albuquerque (1987), entre outros.



**Figura 1 - 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  $B_{ij}^Q$  mede 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  $E_1$  (onde  $P_2P_2$  reflete a nova relação de preços, 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  $j$ ).

Assim,  $B_{ij}^Q$  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  $B_{ij}^Q < 0$ .

Considerando que o setor agrícola como um todo é composto de dois subsetores: produção vegetal e produção animal, pode-se identificar e mensurar vieses de produção através do cálculo de  $B_{ij}^Q$ .

### Metodologia

Para a estimação do viés de produção gerado pela mudança tecnológica consideram-se, neste estudo, apenas dois subsetores: produção vegetal e produção animal. Essa restrição se deve ao fato dessa ser a mais comum divisão do setor agropecuário e ao grande número de parâmetros a serem estimados<sup>5</sup>. Assim sendo, a função custo multiproduto é da forma:

$$C = G(Q_A, Q_V, P_L, P_T, P_K, t) \quad (1)$$

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, usado como um índice de mudança tecnológica.

Considera-se que a função (1) seja uma translogarítmica. As funções translogarítmicas são formas funcionais consideradas flexíveis, por não imporem qualquer restrição aos valores das elasticidades de substituição, nem pressuporem homogeneidade.

Baseado em Kuroda (1988, p.665), a forma translog<sup>6</sup> da expressão (1) é:

---

<sup>5</sup> 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.

<sup>6</sup> Forma Hicks não-neutra e insumo-produto não-separável.

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

onde  $\gamma_{ij} = \gamma_{ji}$  e  $\delta_{lr} = \delta_{rl}$ ;  $i, j = A, V$ , indicando produções animal e vegetal, 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, derivam-se as seguintes equações de parcelas:

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

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

O objetivo deste trabalho 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. Ela é definida pela expressão (4), abaixo:

$$B_{ij}^Q \equiv \frac{\partial}{\partial t} \ln \frac{\frac{\partial C}{\partial Q_i}}{\frac{\partial C}{\partial Q_j}} \quad (4)$$

$$= \frac{\partial \ln CMg_i}{\partial t} - \frac{\partial \ln CMg_j}{\partial t}$$

$$= G(CMg_i) - G(CMg_j)$$

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

Para a função de custo translog, aqui adotada, a taxa de crescimento do custo marginal de cada produto é calculada da seguinte forma:

$$G(CMg_i) = \frac{\mu_{it}}{\varepsilon_{CQ_i} \cdot t} + G(CMe_i) \quad (5)$$

onde  $\varepsilon_{CQ_i}$  é a elasticidade custo-produção do produto  $i$ ;  $G(CMe_i)$  é a taxa de crescimento do custo médio de  $i$ ;  $\mu_{it}$  é coeficiente da função translog de custo; e  $t$  é o tempo.

Observe que  $\mu_{it}$  é estimado pela equação (2) e  $\varepsilon_{CQ_i}$  é calculado através da expressão:

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

Assim, conhecendo  $G(CMe_i)$  - valor suposto conhecido para se estimar a equação (2) - determina-se pela equação (5) 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.

Antle & Capalbo (1988) definiram uma medida hicksiana de viés de mudança tecnológica no espaço dos insumos, onde 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 é definida como:

$$B_l^e = B_l + \left[ \sum_{j=1}^n \frac{\partial \ln S_l(Q, P, t)}{\partial \ln Q_j} \left( \frac{\partial \ln C}{\partial \ln Q_j} \right)^{-1} \right] \left( \frac{-\partial \ln C}{\partial \alpha} \right) \quad (6)$$

$$B_l = \partial \ln S_l(Q, P, t) / \partial \alpha.$$

Para a função custo translog multiproduto a expressão (6) torna-se:

$$B_l^e = B_l + \frac{\lambda}{S_l} \cdot \frac{\rho_{Al}}{\varepsilon_{CQA}} + \frac{\lambda}{S_l} \cdot \frac{\rho_{Vl}}{\varepsilon_{CQV}} \quad (7)$$

O primeiro termo do lado direito da equação (7) 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.

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 (ver DIAS, 1998).

A estimação das equações (2) e (3), por mínimos quadrados iterativo em três estágios, é obtida através do pacote estatístico "SAS".

A estimativa das equações (2) e (3) é o ponto inicial para se obter os valores das demais equações e, portanto, obter-se medidas de viés de produção e de uso de fatores. As equações (2) e (3) são estimadas para dados agregados a nível de cada Unidade da Federação. Os dados básicos usados neste trabalho foram obtidos dos Censos Agropecuários de 1970, 1975, 1980 e 1985 (ver Dias, 1998).

### **Resultados e discussões**

A Tabela 1 mostra os resultados obtidos na estimação dos parâmetros das equações (2) e (3) para 24 unidades da Federação em 4 períodos de tempo.

O coeficiente encontrado para  $\epsilon_t$ , no enfoque econométrico<sup>7</sup>, aponta para uma taxa de progresso tecnológico da ordem de 4,36% ao ano, no período 1970 a 1985.

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.

**Tabela 1 Coeficientes do modelo estimado por mínimos quadrados iterativo em 3 estágios. Brasil, 1970 - 85**

Parâmetro	Coefficiente	Parâmetro	Coefficiente	Parâmetro	Coefficiente
$\alpha_0$	4,0123 <sup>*</sup>	$\delta_{LL}$	0,2768 <sup>*</sup>	$\rho_{VT}$	-0,0269

<sup>7</sup> 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  $\epsilon_t$  da Tabela 1.

$\alpha_A$	-0,3462	$\delta_{LT} = \delta_{TL}$	-0,1371*	$\rho_{VK}$	-0,0090
$\alpha_V$	0,1228	$\delta_{LK} = \delta_{KL}$	-0,1397*	$\mu_{At}$	-0,1322
$\beta_L$	-0,1349	$\delta_{TT}$	0,3458*	$\mu_{Vt}$	0,0488
$\beta_T$	1,1790*	$\delta_{TK} = \delta_{KT}$	-0,2087*	$v_{Lt}$	-0,0185
$\beta_K$	-0,0441	$\delta_{KK}$	0,3484*	$v_{Tt}$	0,0617
$\varepsilon_t$	0,6399**	$\rho_{AL}$	0,0860	$v_{Kt}$	-0,0432*
$\gamma_{AA}$	0,4510*	$\rho_{AT}$	-0,1831*	$\varepsilon_{tt}$	-0,3086***
$\gamma_{AV} = \gamma_{VA}$	-0,3012*	$\rho_{AK}$	0,0971***		
$\gamma_{VV}$	0,3826*	$\rho_{VL}$	0,0359		

Fonte: Dados da Pesquisa; onde \*, \*\*, \*\*\*, indicam graus de significância de 1, 5 e 10%.

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 2, a condição de monotonicidade positiva da produção se verifica para as duas atividades, em todo o período analisado.

**Tabela 2 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.

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 (decréscimo) 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.

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.

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.

A Tabela 3 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 3 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.

A análise dos resultados encontrados 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.

Considerando a década de 70 como período de análise, a taxa de mudança tecnológica viesada em direção à pecuária mostra-se teoricamente coerente, dado que, em geral, os produtos de pecuária apresentam demandas mais elásticas que os produtos de natureza agrícola.

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

Relativamente à década de 80, deve-se destacar 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 produtores, caso não ocorra algum tipo de confisco, pelo governo, tais como impostos ou sobrevalorização cambial, por exemplo.

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. De acordo com Evenson (1983), porém, 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 Tabela 4 apresenta os vieses de mudança tecnológica no espaço dos insumos ( $B_I^e$ ) medidos de acordo com a equação (7). 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.

**Tabela 4 Vieses de mudança tecnológica no espaço dos insumos.  
Brasil, 1970/85.**

	<i>I</i>	$B_I$	$B_{IA}$	$B_N$	$B_I^e$
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.

Os vieses de mudança tecnológica no espaço dos insumos apresentaram-se como utilizadores de trabalho e capital e poupadores de terra, para os dois subsetores 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)<sup>8</sup> buscava aumentar o uso do mesmo, não o

<sup>8</sup> Ver Santos (1986, p.119).

é, devido à inelasticidade da demanda de capital em relação a seu preço<sup>9</sup>. 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.

#### **Comparação dos vieses nas regiões desenvolvida e de fronteira**

Para a estimação conjunta das equações (2) e (3) referentes às Regiões Sul/Sudeste (desenvolvida) e Norte/Centro-Oeste (fronteira), utilizou-se de procedimentos análogos aos descritos no item anterior. Dividiu-se, porém, as informações em estratos de produtores, segundo possuam áreas até 10 hectares (exclusive), áreas entre 10 e 100 ha (exclusive) e áreas superiores a 100 ha (inclusive). Os resultados encontrados são apresentados nas tabelas 5 e 6, abaixo.

A partir da aplicação do teste de separabilidade insumo-produto<sup>10</sup>, constatou-se que em ambas as regiões rejeita-se a hipótese nula (insumo - produto separáveis) 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, respectivamente<sup>11</sup>. 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.

Ao se testar a neutralidade da mudança tecnológica, porém, 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.

**Tabela 5 Coeficientes do modelo estimado por mínimos Quadrados iterativo em 3 estágios. Região Sul/Sudeste, 1970 - 85.**

Parâmetro	Coeficiente	Parâmetro	Coeficiente	Parâmetro	Coeficiente
-----------	-------------	-----------	-------------	-----------	-------------

---

<sup>9</sup> Dias (1982) estimou em - 0,6585 a elasticidade-preço da demanda de capital ( $\eta_{KK}$ ) na agricultura brasileira, entre 1970 e 1975.

<sup>10</sup> Para descrição detalhada dos testes acima mencionados ver Dias (1998).

<sup>11</sup> 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.

*mudanças tecnológicas e viéses na agropecuária brasileira*

$\alpha_0$	4,0864*	$\delta_{LL}$	0,1354	$\rho_{VT}$	-0,0292
$\alpha_A$	-0,6812**	$\delta_{LT} = \delta_{TL}$	-0,0783**	$\rho_{VK}$	-0,0708
$\alpha_V$	0,3204	$\delta_{LK} = \delta_{KL}$	-0,0571**	$\mu_{At}$	0,0169
$\beta_L$	0,9561*	$\delta_{TT}$	0,1490***	$\mu_{Vt}$	-0,0957
$\beta_T$	0,0270	$\delta_{TK} = \delta_{KT}$	-0,0707*	$v_{Lt}$	0,0894*
$\beta_K$	0,0169	$\delta_{KK}$	0,1278*	$v_{Tt}$	-0,0164
$\varepsilon_t$	0,8462*	$\rho_{AL}$	-0,2136*	$v_{Kt}$	-0,0730*
$\gamma_{AA}$	0,1290	$\rho_{AT}$	0,0502	$\varepsilon_{tt}$	-0,5716*
$\gamma_{AV} = \gamma_{VA}$	0,0012	$\rho_{AK}$	0,1634**	D1	0,3753***
$\gamma_{VV}$	0,1216	$\rho_{VL}$	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 6** Coeficientes do modelo estimado por mínimos quadrados iterativo em 3 estágios. Região Norte/Centro-Oeste, 1970 - 85.

Parâmetro	Coeficiente	Parâmetro	Coeficiente	Parâmetro	Coeficiente
$\alpha_0$	1,0002 <sup>***</sup>	$\delta_{LL}$	0,2276 <sup>*</sup>	$\rho_{VT}$	-0,0404 <sup>**</sup>
$\alpha_A$	-0,1902	$\delta_{LT} = \delta_{TL}$	-0,0944 <sup>*</sup>	$\rho_{VK}$	-0,0599 <sup>***</sup>
$\alpha_V$	0,3343	$\delta_{LK} = \delta_{KL}$	-0,1332 <sup>*</sup>	$\mu_{At}$	-0,1105
$\beta_L$	0,5875 <sup>*</sup>	$\delta_{TT}$	0,1794 <sup>*</sup>	$\mu_{Vt}$	-0,0840
$\beta_T$	0,0430	$\delta_{TK} = \delta_{KT}$	-0,0850 <sup>*</sup>	$v_{Lt}$	0,0586 <sup>**</sup>
$\beta_K$	0,3695 <sup>*</sup>	$\delta_{KK}$	0,2182	$v_{Tt}$	0,0441 <sup>*</sup>
$\varepsilon_t$	2,1953 <sup>*</sup>	$\rho_{AL}$	-0,0989 <sup>**</sup>	$v_{Kt}$	-0,1027 <sup>*</sup>
$\gamma_{AA}$	0,0608	$\rho_{AT}$	0,0308	$\varepsilon_{tt}$	-1,5459 <sup>*</sup>
$\gamma_{AV} = \gamma_{VA}$	-0,0179	$\rho_{AK}$	0,0681 <sup>**</sup>	D1	-0,0011
$\gamma_{VV}$	0,2632 <sup>*</sup>	$\rho_{VL}$	0,1003 <sup>*</sup>	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*.

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.

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 7.

**Tabela 7 Elasticidades custo da produção animal e vegetal nas Regiões Desenvolvida e de Fronteira, 1970/85**

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

Fonte: Dados da Pesquisa.

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

desenvolvida<sup>12</sup>, 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 8 apresenta as taxas de crescimento dos custos marginais das produções animal e vegetal e suas respectivas medidas de vieses.

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  $B_{AV}^O = -0,0148$  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 ( $B_{AV}^O$  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.

---

<sup>12</sup> 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 8 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 %).**

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

Fonte: Dados da Pesquisa.

A 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.

Quanto aos vieses de mudança tecnológica no espaço dos insumos, apresentados na Tabela 9, 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.

**Tabela 9 Vieses de mudança tecnológica no espaço dos insumos. Regiões desenvolvida e de fronteira, 1970/85.**

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

Fonte: Dados da Pesquisa

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.

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. Deve-se, porém, 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.

## **Conclusões**

Os resultados econométricos encontrados no presente estudo indicam que, no período de 1970 a 1985, ocorreram vieses de mudança tecnológica na agropecuária brasileira que se direcionaram favoravelmente à produção vegetal (subsetor agricultura) e contra a produção animal (subsetor pecuária) na magnitude de 5,49% ao ano.

Já 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.

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.

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 de produtores, 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 de produtores, 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.

A taxa de progresso técnico encontrada para o setor agropecuário brasileiro, entre 1970 e 1985, em torno de 4,4% ao ano, 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.

***Abstract:** this paper analyses the impact of technological change on output and input mix of whole Brazilian agriculture and of two selected regions from 1970 to 1985. It was observed in all period (1970 to 1985) an output bias in direction to vegetal production against animal production for whole Brazilian agriculture, but the same standard did not occurred during all intermediate periods, as 1970/75, 1975/80 and 1980/85, neither in all analyzed regions.*

***Key-words:** technological change, output bias, input bias, agriculture.*

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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.
- ANTLE, J. M.; CAPALBO, S. M. **Agricultural Productivity: measurement and explanation**. Washington: Resources for the Future, 1988. 404p.
- 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.
- CHAMBERS, R. G. **Applied production analysis: a dual approach**. Cambridge: Cambridge University Press, 1988. 331p.
- DIAS, R. S. **Elasticidades de substituição e de demanda de fatores na agricultura brasileira**. Viçosa, 1982. 55p. Dissertação (MS.) - Universidade Federal de Viçosa.
- DIAS, R. S. **Mudança tecnológica e viés de produção na agropecuária brasileira - 1970 a 1985**. Piracicaba, 1998. 128p. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo.
- DIAS, R.S. & BACHA, C.J.C. "Mudança Tecnológica e Viés de Produção na Agropecuária Brasileira – 1970/85" *In Pesquisa e Planejamento Econômico*, Rio de Janeiro, v.30, n. 3, dezembro 1998 (no prelo).

- 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.
- KURODA, Y. The output bias of technological change in postwar Japanese agriculture. **American Journal of Agricultural Economics**, v.70, p.663-673, 1988.
- 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.
- SANTOS, R. F. **Presença de viéses de mudança técnica na agricultura brasileira**. São Paulo, 1986. 223p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Economia e Administração, Universidade de São Paulo.
- 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.