

**ÁREA DE INTERESSE: ECONOMIA REGIONAL, ECONOMIA AGRÍCOLA**

**TRANSFORMAÇÕES ESTRUTURAIS, VARIAÇÕES NA EFICIÊNCIA TÉCNICA E  
PRODUTIVIDADE TOTAL DOS FATORES NO SETOR AGRÍCOLA DOS PAÍSES  
SUL-AMERICANOS - 1970 a 2000**

***Rosemeiry Melo Carvalho***

Professora do Departamento de Economia Agrícola (DEA/UFC)  
Mestre em Economia Rural (DEA/UFC)  
Doutoranda do Curso de Pós-Graduação em Economia (CAEN/UFC).  
Universidade Federal do Ceará. Caixa Postal 6017-Pici.  
CEP 60451-970.Fortaleza-Ceará.  
Fone: (85) 288.9717 Fax: (85) 288. 9718  
rmelo@ufc.br

***Emerson Luís Lemos Marinho***

Professor do Curso de Pós-Graduação em Economia (CAEN/UFC)  
Doutor em Economia (FGV/RJ)  
Universidade Federal do Ceará. Av. da Universidade, 2700. 2º. Andar.  
CEP 60451-970.Fortaleza- Ceará.  
Fone: (85) 288.7751 Fax: (85) 288. 7752  
emarinho@ufc.br.

## TRANSFORMAÇÕES ESTRUTURAIS, VARIAÇÕES NA EFICIÊNCIA TÉCNICA E PRODUTIVIDADE TOTAL DOS FATORES NO SETOR AGRÍCOLA DOS PAÍSES SUL-AMERICANOS - 1970 a 2000

**RESUMO :** Este artigo analisa as transformações estruturais, a evolução da eficiência técnica e produtividade total dos fatores nos países sul-americanos no período compreendido entre os anos de 1970 e 2000. Para alcançar os objetivos propostos utilizou-se o método de programação linear “*Data Envelopment Analysis (DEA)*” e o índice de *Malmquist*. Os resultados obtidos mostraram que ocorreram significativos aumentos no valor da produção e mudanças na utilização de mão-de-obra, área cultivada, número de tratores, área irrigada e quantidade utilizada de fertilizantes ao longo do período analisado. Em média todos os países apresentaram perdas de eficiência técnica. Mas, por outro lado, ocorreram acréscimos na produtividade total dos fatores, os quais foram atribuídos muito mais às variações tecnológicas que às variações de eficiência técnica.

**Palavras-chave:** Fronteira de produção, DEA, Agricultura, Produtividade.

**ABSTRACT:** This article investigates the structural transformations and changes in technical efficiency and total factor productivity in the agricultural sector of a sample of South American's countries from 1970 to 2000. To reach the proposed objectives the linear programming method named "Data Envelopment Analysis (DEA)" and the "Malmquist Index" are used. The results evidence significant improvements in value of production, important changes in the use of the labor factor, cultivated areas, number of tractors, irrigated areas and amount of fertilizers used for the period under analysis. On average, all countries present losses of technical efficiency. However, total factor productivity has improved due to technological changes.

**Key-words:** Production frontier, DEA, Agriculture, productivity.

**JEL:** Q16, 013

## 1-Introdução

Nos últimos anos, iniciou-se uma clara tendência a segmentação da economia mundial em blocos regionais substituindo-se as tradicionais negociações multilaterais entre os países, induzindo as economias a passarem por profundas transformações estruturais objetivando aumentar o nível de competitividade e garantir sua sobrevivência e ou sua inserção no mercado internacional.

No contexto da integração, em que os países se unem para obterem melhores condições de barganha no mercado internacional, foi concebido o MERCOSUL, Mercado Comum do Sul, formado pelo Brasil, Argentina, Paraguai e Uruguai. Através do Tratado de Assunção, assinado em 26 de março de 1991, os países membros do acordo poderiam obter progressos que possibilitariam a diluição ou compensação das desvantagens setoriais ou nacionais. As empresas podendo atuar sem barreiras, teriam a possibilidade de produzir muito mais e para um número maior de consumidores, aumentando a produtividade e reduzindo o custo final dos produtos.

No início dos anos 1990, o governo brasileiro implantou o processo de abertura comercial, com redução de barreiras tarifárias e não tarifárias à importação e exportação. Essa liberalização permitiu a entrada de produtos agrícolas similares aos nacionais, aumentando a concorrência no mercado interno.

De acordo com Toresan & Lanzer (1995), a consequência imediata da abertura comercial é a exposição dos produtos nacionais a uma dinâmica internacional de oferta e procura e, portanto, a existência de um leque muito maior de opções para o consumidor. Os produtos necessariamente deverão ter melhor qualidade e preço para permanecer no mercado.

Com a formação do Mercosul, a intervenção do Governo no processo de modernização da agricultura nos países membros tornou-se mais nítida, através da adoção de políticas de crédito subsidiado (caso da Argentina e Brasil), incentivo fiscais, políticas de preços mínimos e incentivos à industrialização.

Para Green (1991), a modernização da agricultura foi muito seletiva favorecendo, por um lado, a formação de grandes complexos agroindustriais e a produção direcionada para o mercado externo e, por outro, o aumento da exclusão social no campo principalmente, da pequena produção rural, o que acentuou as desigualdades na distribuição de renda e concentração fundiária.

Para enfrentar o desafio desse novo sistema agroalimentar é necessário, dentre outros fatores, reduzir as ineficiências em todas as fases da produção. Este estudo tem como principal objetivo identificar as transformações estruturais e analisar a evolução da eficiência técnica e a produtividade total dos fatores utilizados na agricultura nos países sul-americanos no período compreendido entre os anos de 1970 e 2000.

O artigo foi dividido da seguinte maneira: a seção 2 apresenta de forma detalhada um método de programação linear, conhecido na literatura econômica como “*Data Envelopment Analysis (DEA)*”, para estimar a fronteira de produção agrícola para a América do Sul; a partir da estimação dessas fronteiras, calcula-se as funções distâncias necessárias para construir o índice de produtividade total dos fatores de *Malmquist*. Na seção 3 são apresentados os resultados. As principais conclusões obtidas no decorrer das análises estão apresentadas na última seção.

## 2- Metodologia

### 2.1- Data Envelopment Analysis (DEA)

As fronteiras de produção podem ser obtidas utilizando-se diferentes metodologias, sendo as mais utilizadas a *Data Envelopment Analysis* (DEA) e a *Fronteira Estocástica*. A metodologia DEA constrói fronteiras não-paramétrica *piece-wise* utilizando uma seqüência de soluções de problemas de programação linear, enquanto as fronteiras estocásticas são estimadas utilizando-se métodos econométricos.

As duas metodologias apresentam vantagens e desvantagens. As principais vantagens da fronteira estocástica em relação ao DEA, são que a primeira permite que os desvios em relação à fronteira de produção sejam decompostos em *ruídos* puramente aleatórios e ineficiência, enquanto que a metodologia DEA assume que todos os desvios se devem as ineficiências técnicas.

Por outro lado, a estimação de fronteiras estocásticas exigem que uma particular forma funcional seja especificada e apenas um único produto pode ser considerado, enquanto que o DEA permite que múltiplos produtos e múltiplos insumos sejam relacionados sem que se especifique nenhuma forma funcional (Cooper, Seiford & Tone, 2002).

Dadas as vantagens e desvantagens associadas aos referidos métodos e, considerando que o DEA permite que se identifique simultaneamente o quanto uma unidade produtora (firma, estado ou país) é ineficiente e de quanto ela poderia reduzir o uso de cada um dos insumos para alcançar uma escala de produção mais eficiente, este artigo utiliza a *Data Envelopment Analysis* (DEA) para estimar a fronteira de produção agrícola dos países da América do Sul, assumindo que existem K insumos e um único produto para cada uma dos N países.

Desse modo, os vetores colunas  $x_i$  e  $y_i$  representam, respectivamente, os insumos e os produtos do  $i$ -ésimo país. A matriz de insumos  $X_{K \times N}$  e a matriz de produtos  $Y_{M \times N}$ , representam os dados de todos os país.

Supondo-se que existam  $m$  insumos e  $s$  produtos para um grupo de  $j$  países em um particular período de tempo, a medida de eficiência técnica é obtida resolvendo um problema de programação a partir do qual obtêm-se os “pesos” dos insumos ( $v_i$ ) ( $i=1, \dots, m$ ) e dos produtos ( $u_r$ ) ( $r= 1, \dots, s$ ). Assim :

$$\text{Max}_{\{u,v\}} \left( \frac{u_1 y_{1i} + u_2 y_{2i} + \dots + u_s y_{si}}{v_1 x_{1i} + v_2 x_{2i} + \dots + v_m x_{mi}} \right)$$

sujeito as restrições:

$$\begin{aligned} \frac{u_1 y_{1j} + u_2 y_{2j} + \dots + u_s y_{sj}}{v_1 x_{1j} + v_2 x_{2j} + \dots + v_m x_{mj}} &\leq 1, \quad j=1,2,\dots,N \\ v_1, v_2, \dots, v_m &\geq 0 \\ u_1, u_2, \dots, u_s &\geq 0 \end{aligned} \tag{1}$$

A idéia do modelo é determinar os “pesos”  $v_i$  e  $u_i$  que maximize a razão entre o produto potencial e o insumo potencial para  $i$ -ésima firma, sujeito a restrição de que todas as medidas de eficiência das demais firmas da amostra devem ser menores ou iguais a unidade.

Para evitar que a formulação acima apresente infinitas soluções, impõe-se a seguinte restrição:  $v_1x_{1i} + \dots + v_mx_{mi} = 1$ . Assim sendo, o problema (1) pode ser reescrito na forma:

$$\text{Max}_{\{\mu, v\}} (\mu_1 y_{1i} + \dots + \mu_s y_{si})$$

sujeito as restrições:

$$\begin{aligned} v_1 x_{1i} + \dots + v_m x_{mi} &= 1 \\ (\mu_1 y_{1j} + \dots + \mu_s y_{sj}) - (v_1 x_{1j} + \dots + v_m x_{mj}) &\leq 0, \quad j=1, 2, \dots, N \\ v_1, v_2, \dots, v_m &\geq 0 \\ \mu_1, \mu_2, \dots, \mu_s &\geq 0 \end{aligned} \quad (2)$$

A mudança de  $u$  e  $v$  para  $\mu$  e  $\nu$  indica que os problemas de programação linear (1) e (2) são diferentes.

Em função da dualidade em programação linear, o problema (2) também pode ser escrito como:

$$\text{Min}_{\{\theta, \lambda\}} \theta$$

sujeito as restrições:

$$\begin{aligned} -y_i + Y\lambda &\geq 0 \\ \theta x_i - X\lambda &\geq 0 \\ \lambda &\geq 0 \end{aligned} \quad (3)$$

onde  $\theta$  é um escalar e  $\lambda$  é um vetor de constantes de dimensão  $N \times 1$ .

A ineficiência do  $i$ -ésimo país é determinada pelo valor de  $\theta$ , o qual assume valores menores ou iguais a unidade. Se  $\theta=1$  o país é plenamente eficiente e portanto está sobre a fronteira de produção.

Essencialmente, o problema se resume em determinar a máxima contração radial do vetor insumo  $x_i$ , de modo que se permaneça no conjunto de produção factível. A borda inferior desse conjunto é uma isoquanta determinada pelos pontos observados de todos os países da amostra.

A contração radial do vetor insumo,  $x_i$ , produz um ponto projetado,  $(X\lambda, Y\lambda)$ , na superfície dessa tecnologia. Esse ponto projetado representa uma combinação linear dos pontos observados. As restrições impostas ao problema (3) asseguram que este ponto não fique fora do conjunto factível de produção. Esta metodologia utilizada é o DEA orientado pelo insumo que será discutido a seguir.

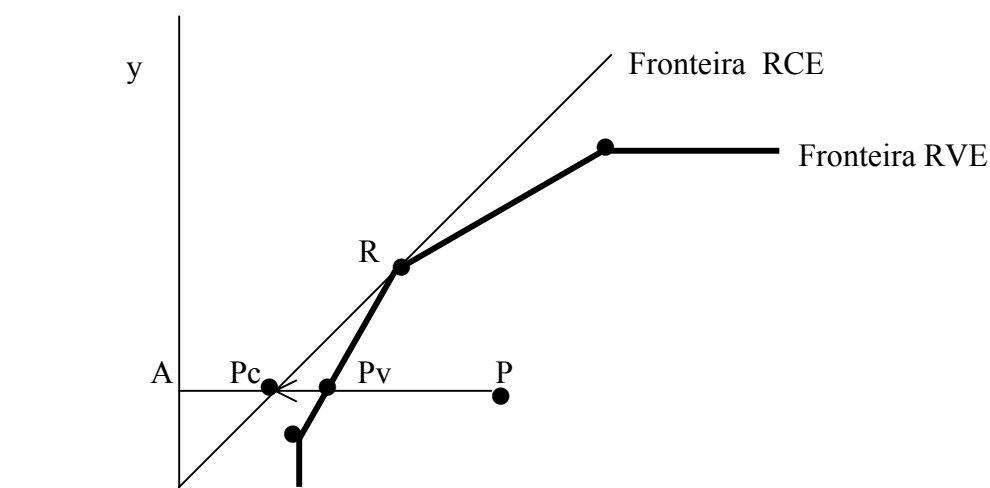
As medidas de eficiência técnica de Farrell (1957) obtidas a partir da estimação de fronteiras de produção com base no método DEA podem assumir orientação pelo produto ou pelo insumo. O método DEA orientado pelo produto define a fronteira buscando o máximo

incremento proporcional do produto, mantendo fixo o nível de insumos. Considerando-se a orientação pelo insumo, a fronteira é definida com base na máxima redução proporcional possível no nível de utilização dos insumos, de forma a manter constante o nível de produto.

Considerando uma unidade produtora que utiliza uma dada quantidade de insumo ( $x$ ) para produzir uma dada quantidade de produto ( $y$ ), a ineficiência técnica da firma, representada pela distância entre a firma e a fronteira de produção, pode ser interpretada de duas maneiras: se assumirmos orientação pelo insumo, a distância entre firma e a fronteira de produção representa a percentagem pela qual a quantidade de todos os insumos deve ser reduzida para que a unidade produtiva seja plenamente eficiente. Adotando a hipótese de orientação pelo produto, a distância entre firma e a fronteira de produção determina quanto o produto pode ser expandido sem alterar a quantidade utilizada de insumos. No entanto, estas duas medidas determinam o mesmo valor quando as tecnologias apresentam retornos constantes de escala (RCE), mas apresenta escores diferentes quando se assume tecnologias com retornos variáveis de escala (RVE) (Färe e Lovell, 1978). Para considerar retornos variáveis de escala impõem-se no modelo (3) que  $\sum_{i=1}^N \lambda_i = 1$  onde  $\lambda_i$  são os componentes do vetor  $\lambda$ .

A suposição de retornos constantes de escala é apropriada apenas quando todas as unidades produtoras estão operando em sua escala ótima. No entanto, se esta situação não ocorre deve-se considerar o modelo DEA com retornos variáveis de escala. A diferença entre os escores de eficiência técnica obtida sob as suposições de retornos constantes e variáveis de escala determina a ineficiência de escala<sup>1</sup>.

A Figura 1 ilustra a ineficiência de escala. Para a firma representada pelo ponto P, considerando retornos constantes de escala (RCE), a ineficiência técnica com orientação pelo insumo é dada pela distância PPc. Enquanto que, sob retornos variáveis de escala (RVE), a ineficiência técnica é PPv. A diferença entre essas duas medidas de eficiência técnica (ET), Pcpv, representa a ineficiência de escala, a qual pode ser interpretada como a razão entre o produto médio de uma unidade produtora operando nos pontos Pv e um ponto de escala tecnicamente ótima (ponto R).



<sup>1</sup> Sob retornos constantes de escala os valores dos escores de eficiência técnica obtidos são iguais se o DEA é orientado pelo insumo ou produto. Por outro lado se considerarmos retornos variáveis esses valores podem ser diferentes.

Figura 1- Fronteiras com retornos constantes e variáveis de escala.

## 2.2- Índice de Produtividade Total dos Fatores de Malmquist (PTF)

O índice de Malmquist, devido a Malmquist (1953), considera o conceito de *função distância* para medir as variações na produtividade total dos fatores entre dois períodos de tempo. As funções distância podem ser especificadas em relação ao conjunto de insumos ou produtos<sup>2</sup>.

Representando por  $L(y)$  o conjunto de todos os vetores de insumos,  $x$ , que podem produzir o vetor de produtos,  $y$ , e por  $P(x)$  o conjunto de todos os produtos que podem ser produzidos a partir de um dado vetor de insumos, a função distância orientada pelo insumo, definida como,  $d_i(x, y) = \sup\{\rho : (x/\rho) \in L(y)\}$ , caracteriza a tecnologia de produção através da contração proporcional mínima do vetor de insumos, dado um vetor de produtos. A função distância orientada pelo produto,  $d_o(x, y) = \min\{\delta : (y/\delta) \in P(x)\}$ , determina a expansão proporcional máxima do vetor produto, dado o vetor insumo<sup>3</sup>.

Neste artigo assumiu-se orientação pelo insumo, visto que é razoável supor que algumas unidades produtoras podem ter restrições sobre a expansão do produto. Desse modo, o índice de produtividade de Malmquist, de acordo com Färe et al. (1994), pode ser representado por<sup>4</sup>:

$$m_i(y_s, x_s, y_t, x_t) = \left[ \frac{d_i^s(y_t, x_t)}{d_i^s(y_s, x_s)} \times \frac{d_i^t(y_t, x_t)}{d_i^t(y_s, x_s)} \right]^{1/2} \quad (4)$$

A notação  $d_i^s(x_t, y_t)$  representa a distância entre a observação do período  $t$  e a fronteira de produção insumo-orientada do período  $s$ . Para evitar a necessidade de escolher arbitrariamente entre as tecnologias dos períodos  $s$  ou  $t$ , o índice Malmquist é definido como a média geométrica entre dois índices de PTF, o primeiro avaliado em relação a tecnologia do período  $s$  (a primeira razão dentro do colchete de 4) e o segundo em relação a tecnologia do período  $t$  (a segunda razão do colchete de 4). Um valor de  $m_i$  maior que 1 indica um crescimento na produtividade total dos fatores entre os períodos  $s$  e  $t$ , enquanto que um valor menor que 1 indica um declínio da PTF.

Uma maneira equivalente de escrever esse índice de produtividade, após algumas manipulações algébricas, é:

<sup>2</sup> As funções distância podem descrever tecnologias de produção multi-produtos ou multi-insumos sem precisarmos especificar uma função objetivo.

<sup>3</sup> As propriedades dos conjuntos  $L(y)$ ,  $P(x)$ , e das funções distâncias estão sumarizadas em Coelli, Rao e Battese (1997)

<sup>4</sup> Esses dois índices (período  $s$  e  $t$ ) serão equivalentes somente se a tecnologia é Hicks neutra em relação ao produto. Isto é, se as funções distância do produto podem ser representadas como  $d_i^t(x, y) = A(t)d_i^s(x, y)$ , para todo  $t$ .

$$m_i(y_s, x_s, y_t, x_t) = \frac{d_i^t(y_t, x_t)}{d_i^s(y_s, x_s)} \left[ \frac{d_i^s(y_t, x_t)}{d_i^t(y_t, x_t)} x \frac{d_i^s(y_s, x_s)}{d_i^t(y_s, x_s)} \right]^{1/2} \quad (5)$$

onde a razão do lado direito fora dos colchetes mede a variação na eficiência técnica insumo-orientado de Farrell (1957) entre os períodos s e t. A expressão elevada a raiz quadrada é uma medida de variação tecnológica. Assim os dois termos da equação (5) podem ser interpretados como:

$$\text{Variação na Eficiência Técnica} = \frac{d_i^t(y_t, x_t)}{d_i^s(y_s, x_s)} \quad (6)$$

e

$$\text{Variação Tecnológica} = \left[ \frac{d_i^s(y_t, x_t)}{d_i^t(y_t, x_t)} x \frac{d_i^s(y_s, x_s)}{d_i^t(y_s, x_s)} \right]^{1/2} \quad (7)$$

Assim sendo, usando a definição de função distância orientada pelo insumo e sua reciprocidade como uma medida da eficiência técnica, segundo Farell (1957), os escores de eficiência técnica (ET) dos países serão calculados pela expressão  $\theta = [d_i^s(y_s, x_s)]^{-1}$  o qual varia entre zero e um. Para este fim, calculam-se as funções distâncias das expressões (6) e (7) para cada um dos países através da resolução de quatro problemas de programação linear definidos seqüencialmente por:

$$[d_i^t(y_t, x_t)]^{-1} = \underset{\{\theta, \lambda\}}{\text{Min}} \theta$$

sujeito as restrições:

$$\begin{aligned} -y_{it} + Y_t \lambda &\geq 0 \\ \theta_{it} x_{it} - X_t \lambda &\geq 0 \\ \lambda &\geq 0 \end{aligned} \quad (8)$$

$$[d_i^s(y_t, x_t)]^{-1} = \underset{\{\theta, \lambda\}}{\text{Min}} \theta$$

sujeito as restrições:

$$\begin{aligned} -y_{is} + Y_s \lambda &\geq 0 \\ \theta_{is} x_{is} - X_s \lambda &\geq 0 \\ \lambda &\geq 0 \end{aligned} \quad (9)$$

$$[d_i^t(y_s, x_s)]^{-1} = \underset{\{\theta, \lambda\}}{\text{Min}} \theta$$

sujeito as restrições:

$$\begin{aligned} -y_{is} + Y_t \lambda &\geq 0 \\ \theta_{is} x_{is} - X_t \lambda &\geq 0 \\ \lambda &\geq 0 \end{aligned} \quad (10)$$



$$[d_1^s(y_t, x_t)]^{-1} = \underset{\{\theta, \lambda\}}{\text{Min}} \theta$$

sujeito as restrições:

$$\begin{aligned} -y_{it} + Y_s \lambda &\geq 0 \\ \theta_{it} x_{it} - X_s \lambda &\geq 0 \\ \lambda &\geq 0 \end{aligned} \tag{11}$$

Para calcular o índice de produtividade de Malmquist (PTF) é importante que se imponha retornos constantes de escala, caso contrário as medidas resultantes podem não refletir adequadamente os ganhos ou perdas resultantes do efeito escala<sup>5</sup>.

## 2.4- Fonte dos dados e definição das variáveis

As informações utilizadas na presente análise foram retiradas do banco de dados do sistema AGROSTAT da Divisão de Estatísticas da FAO referentes aos países da América do Sul<sup>6</sup> para o período compreendido entre os anos de 1970 a 2000. Neste sentido, tem-se uma amostra de dados em painel onde foram utilizadas as seguintes variáveis.:

- (a) *Índice de produção agrícola*: baseia-se nos valores das diferentes *commodities* agrícolas produzidas após a dedução das quantidades utilizadas como semente e alimentação<sup>7</sup>.
- (b) *População agrícola*: definida como todas as pessoas ativamente engajadas na agricultura, em 1000 habitantes.
- (c) *Terra arável*: refere-se à área destinada aos cultivos permanentes e temporários, movimentação de culturas e pastagens. Essa variável não inclui as áreas agrícolas potencialmente cultiváveis, em 1000 hectares.
- (d) *Número de tratores em uso*: dados referentes ao total de tratores de roda e esteira (excluindo tratores de jardim) utilizados na agricultura, em unidades.
- (e) *Área irrigada*: considera as áreas com equipamentos para providenciar água para os cultivos, em 1000 hectares.
- (f) *Consumo de Fertilizantes*: refere-se à utilização de fertilizantes utilizados na agricultura, em toneladas métricas.

---

<sup>5</sup> Para considerar retornos variáveis de escala impõem-se nos modelos de (8) a (11) que  $\sum_{i=1}^N \lambda_i = 1$  onde  $\lambda_i$  são os componentes do vetor  $\lambda$ .

<sup>6</sup> A Guiana Francesa e as Ilhas Malvinas foram excluídas da amostra por não apresentarem disponibilidade de dados relevantes para a realização da pesquisa.

<sup>7</sup> Calculado pela fórmula de Laspeyres. A quantidade produzida de cada *commodity* é ponderada pelo seu preço médio internacional entre 1989-1991 e somado para cada ano. Para obter o índice, o valor total agregado para cada ano é dividido pela média agregada do período base 1989-1991.

O índice de produção agrícola fornece o valor agregado da produção agrícola, calculado pelo índice de Laspeyres, onde a quantidade produzida de cada *commodity* agrícola é ponderado pelo seu “*preço seu médio internacional (1989-1991)*”<sup>8</sup>. Para eliminar as diferenças entre as unidades de medição entre as variáveis, todos os valores foram transformados em índices, tomando-se como base a média do período 1989-1991.

### 3- Resultados e discussão

#### 3.1-Transformações estruturais no setor agrícola dos países sul-americanos

Para identificar as principais transformações estruturais ocorridas no setor agrícola dos países sul-americanos dividiu-se o período de análise em dois subperíodos: o primeiro, de 1970 a 1990 e o segundo de 1991 a 2000, o qual coincide com a formação do Mercosul.

Com base na Tabela 1, verifica-se que ao valor médio da produção agrícola cresceu em todos os países sul-americanos. Entre aqueles que fazem parte do Mercosul, os maiores acréscimos ocorreram no Paraguai e no Brasil. Dentre os não-membros os que mais se destacaram foram a Bolívia e o Chile (Gráfico 1).

Para Montoya (2002), o incremento no valor da produção está diretamente relacionado às transformações na estrutura agrária. Pois, a partir da década de 1960, com base nos princípios da Revolução Verde, os sistemas agrícolas sofreram um rápido processo de modernização em vários países da América do Sul, o qual determinou ganhos de produtividade através da incorporação de novos fatores de produção, tais como fertilizantes e maquinaria agrícola.

Tabela 1- Variações relativas no Índice de Valor Médio da Produção e Utilização de Insumos Agrícolas nos Países Sul-Americanos-1970 a 2000.

Países	Valor da Produção (%)	Utilização de mão-de-obra (%)	Número de tratores (%)	Área Utilizada (%)	Área irrigada (%)	Quantidade de fertilizantes (%)
<b>Membros do Mercosul</b>						
Argentina	35.40	-0.24	39.04	-0.62	4.35	33.48
Brasil	68.76	-26.87	62.63	14.16	68.35	-0.78
Paraguai	83.67	30.49	95.36	30.19	15.14	74.44
Uruguai	35.77	-11.31	1.50	-1.01	107.34	-53.88
<b>Não-Membros do Mercosul</b>						
Bolívia	85.99	23.22	43.15	7.20	8.13	33.41
Chile	71.23	3.53	31.93	-6.00	34.83	-2.79
Colômbia	44.79	-15.74	-16.11	-0.16	101.27	-59.31
Equador	67.66	4.94	297.91	15.86	36.99	194.01
Guiana	28.59	-27.10	4.81	8.09	16.85	-10.18
Peru	64.96	9.70	0.24	2.00	4.27	-3.82

<sup>8</sup> Os “*preços internacionais das commodities*” assumem um preço único para cada *commodity*. São calculados pela fórmula de Geary-Khamis, sendo expressos em “*dólares internacionais*” (FAO).

Suriname	3.26	-7.82	237.62	27.79	25.54	170.02
Venezuela	51.95	-10.27	36.70	3.19	44.39	-4.33

Fonte: Estimativas dos autores

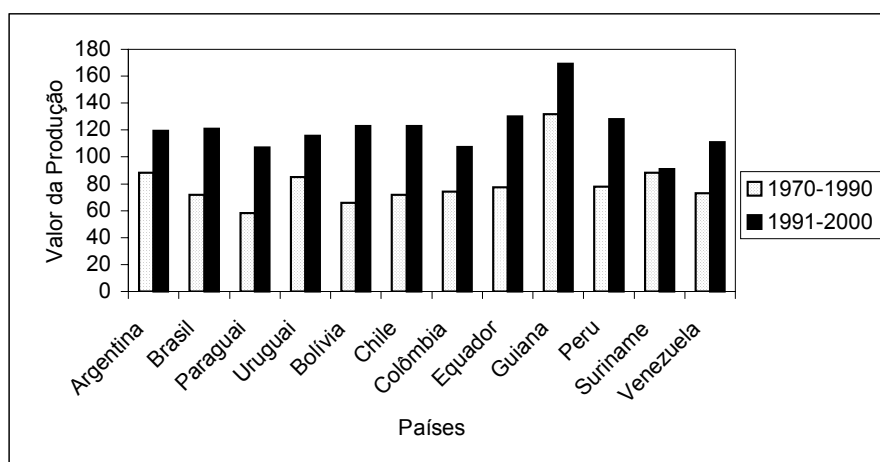


Gráfico 1  
Índice médio de valor da produção agrícola nos países sul-americanos- 1970 a 2000.

O acréscimo na utilização de tratores, ocorreu em todos os países sul-americanos, excetuando-se a Colômbia, a qual apresentou uma variação negativa de 16,11% (Gráfico 2).

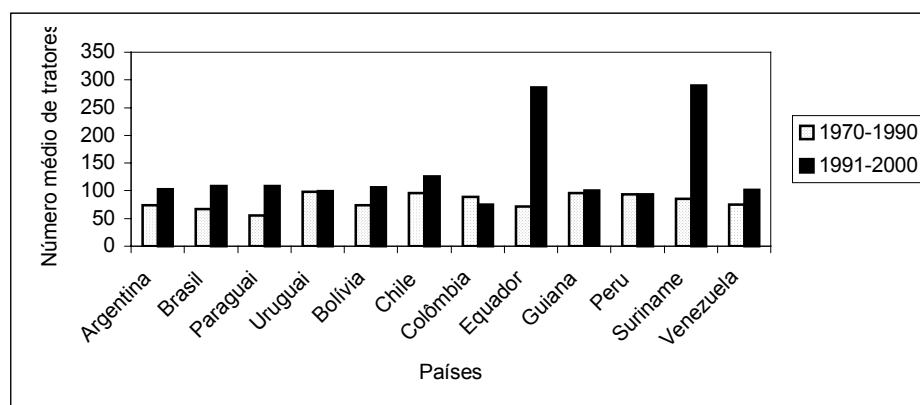


Gráfico 2  
Índice médio do número de tratores utilizados na agricultura nos países sul-americanos –1970 a 2000

Essas transformações também tiveram efeitos sobre a estrutura do emprego agrícola. Dentre os países membros do Mercosul, a redução no índice de utilização mão-de-obra ocorreu de forma mais acentuada no Brasil, com um decréscimo de 26,87% entre os períodos 1970-1990 e 1991-2000. Por outro lado, ocorreu um incremento de 68,35% no número médio

de tratores utilizados(Gráfico 3). De acordo com Guimarães (2001), no ano de 1996 as máquinas e equipamentos representaram os principais produtos da pauta de importações brasileiras com uma participação de 37% .

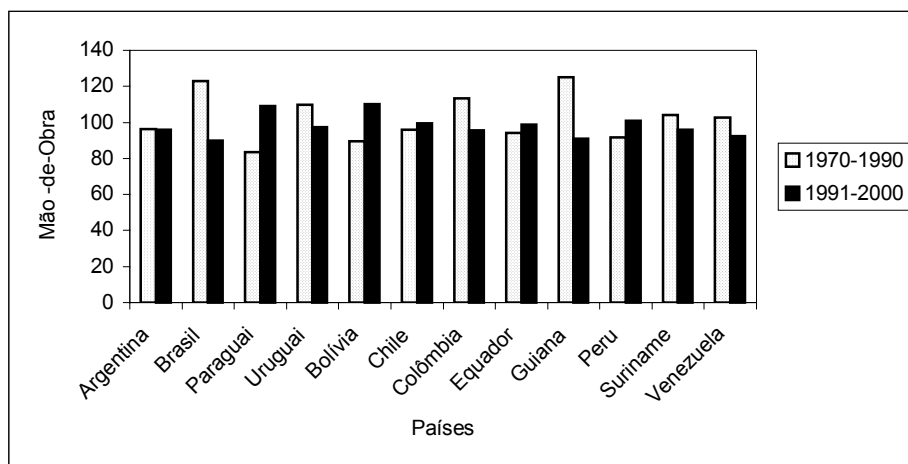


Gráfico 3  
Índice médio do número de pessoas engajadas na agricultura nos países sul-americanos –1970 a 2000.

O Gráfico 4 mostra que a área média destinada à agricultura entre os períodos 1970-90 e 1991-2000 apresentaram reducidos decréscimos mantendo-se praticamente inalterada na Argentina (-0,62%), Uruguai (-1,01%) e Colômbia (-0,16%).

Por outro lado, entre os países que apresentaram incrementos na área utilizada, os aumentos mais expressivos ocorreram no Paraguai (30,19%), Suriname (27,79%), Equador (15,86%) e Brasil (14,16%). Esse incremento pode ser atribuído, dentre outros fatores, ao processo de reestruturação da agricultura imposto pela abertura comercial a qual constituiu uma alavanca para a expansão da produção do setor agrícola.

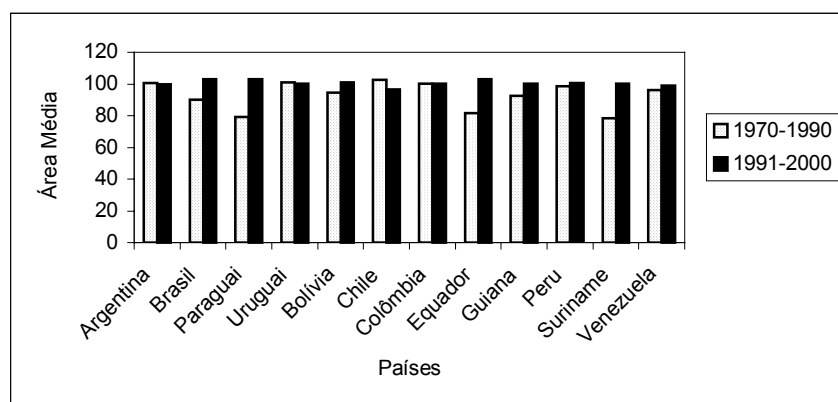


Gráfico 4  
Índice médio da área agrícola destinada à agricultura nos países

sul-americanos- 1970 a 2000.

O uso de irrigação aumentou em todos os países sul-americanos. Em relação aos membros do Mercosul, as maiores mudanças ocorreram no Brasil e no Uruguai. Para os demais países os maiores acréscimos ocorreram na Colômbia, seguida da Venezuela, Equador e Chile (Gráfico 5).

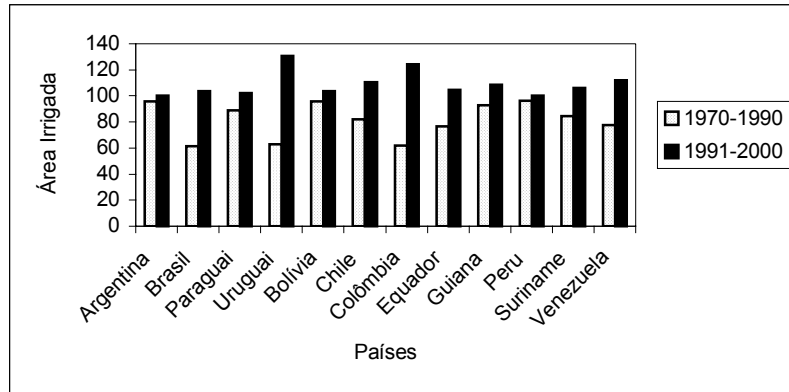


Gráfico 5  
Índice médio da área agrícola irrigada nos países sul-americanos- 1970 a 2000.

Em relação ao uso de fertilizantes na produção agrícola nos países que fazem parte do Mercosul, verificou-se acréscimos de 33,48% na Argentina e de 74,44% no Paraguai. No Uruguai e no Brasil a utilização desse fator diminuiu. Para os demais países sul-americanos a quantidade utilizada de fertilizantes aumentou apenas no Equador, Suriname e Bolívia (Gráfico 6).

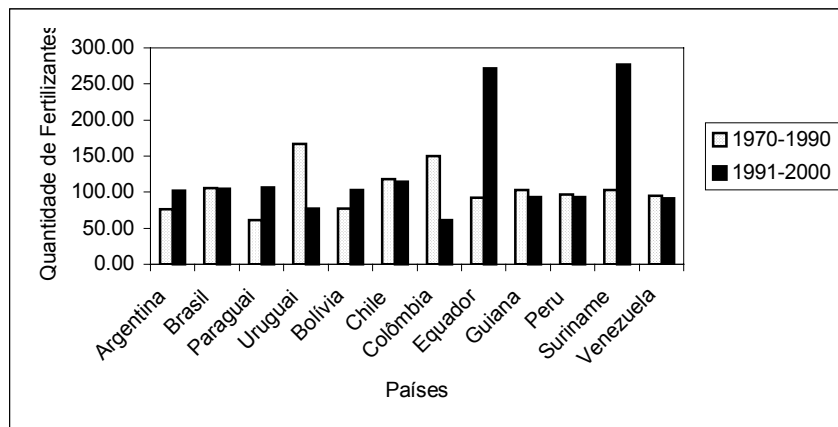


Gráfico 6  
Índice médio da quantidade de fertilizantes utilizados na agricultura nos países sul-americanos- 1970 a 2000.

Em suma, tem-se que ao longo do período analisado ocorreram algumas alterações no uso dos fatores. Essas mudanças foram sentidas de maneira e intensidade diferenciadas em cada país. Porém, os setores agrícolas experimentaram um grande salto tecnológico, decorrente principalmente da adoção de práticas mais modernas de produção através da intensificação do processo de mecanização e uso de irrigação. Essas alterações devem-se principalmente à busca de estruturas produtivas mais eficientes para o setor agrícola.

Na Seção 3.2 são apresentados os escores de eficiência técnica, os quais podem indicar quais países utilizam seus recursos de forma mais eficiente.

### 3.2. Eficiência técnica

A eficiência técnica (ET) de uma firma assume valores entre zero e 1, e representa a porcentagem pela qual todos os insumos podem ser reduzidos para que a unidade produtiva torne-se mais eficiente. Um valor um indica que a firma é plenamente eficiente e a relação entre os escores de eficiência técnica obtidos sob as suposições de retornos constantes (RCE) e variáveis (RVE) à escala ( $ET_{rce}/ET_{rve}$ ) determina a eficiência de escala (ES), a qual pode ser interpretada como a razão do produto médio de uma firma operando em um ponto tecnicamente ineficiente e em um ponto de escala ótima.

Ao longo do período analisado todos os países sul-americanos, com exceção da Guiana (1991-2000), apresentaram ES inferiores à unidade, indicando que todos podem obter ganhos de escala (Tabela 2).

Os valores dos escores  $ET_{rve}$  mostram que no período compreendido entre os anos de 1970-90, apenas a Argentina não era plenamente eficiente. Mas após a formação do Mercosul, a Argentina e o Brasil apresentaram-se tecnicamente eficientes, enquanto o Paraguai e o Uruguai tiveram seus escores de eficiência reduzidos passando a ser considerados tecnicamente ineficientes.

Os escores de eficiência dos países não-membros do Mercosul também se alteraram. Antes do acordo, apenas o Equador, Guiana e Suriname eram plenamente eficientes. No período após a formação do Mercosul, o Chile, Colômbia, Guiana, Peru e Venezuela passaram a definir a fronteira de produção juntamente com a Argentina e o Brasil (Gráfico 7).

Para verificar se as diferenças entre os valores médios dos escores de eficiência técnica entre os períodos analisados e entre os dois grupos de países são estatisticamente significantes utilizou-se o teste desenvolvido por Wilcoxon- Mann-Whitney conhecido como “*Rank-Sum-Test*”. Este é um método não paramétrico baseado na soma do *ranks* dos escores de eficiência, o qual nos fornece a estatística “S”, a qual segue uma distribuição aproximadamente normal com média  $m(m+n+1)/2$  e variância  $mn(m+n+1)/12$ , onde m e n correspondem ao número de informações em cada um dos grupos que estão sendo comparados. Normalizando S tem-se que  $T = \frac{S - m(m+n+1)/2}{\sqrt{mn(m+n+1)/12}}$  segue aproximadamente

uma distribuição normal padrão.

A principal vantagem deste teste estatístico não-paramétrico é que não precisa ser feita nenhuma suposição sobre a distribuição dos escores de eficiência do DEA, a qual geralmente é desconhecida (COOPER *et al.*, 2002).

Analisando os valores das eficiências técnicas médias RCE e RVE calculadas para os países sul-americanos nos subperíodos 1970-1990 e 1991-2000 verificou-se que as alterações nos escores de eficiências técnicas são estatisticamente significantes para um nível de 5%.

Considerando apenas os escores de eficiência estimados sob a suposição de retornos variáveis de escala, verificou-se que os países que não estavam sobre a fronteira de produção poderiam deslocar-se para esta através de pequenas reduções no uso dos insumos. A exemplo disto temos a Argentina, Chile, Colômbia, Peru e Venezuela que, entre os anos de 1970 e 1990, poderiam reduzir o uso de todos os fatores de produção (mão-de-obra, área utilizada, número de tratores em uso, área irrigada e consumo de fertilizantes) para tornarem-se plenamente eficientes.

Tabela 2- Escores Médios de Eficiência Técnica e Eficiência de Escala da Produção Agrícola dos Países Sul-Americanos- 1970 a 2000.

Países	1970-1990			1991-2000		
	ET <sub>RCE</sub>	ET <sub>RVE</sub>	ES	ET <sub>RCE</sub>	ET <sub>RVE</sub>	ES
<b>Membros do Mercosul</b>						
Argentina	0.892	0.981	0.909	0.781	1.000	0.781
Brasil	0.860	1.000	0.860	0.765	1.000	0.765
Paraguai	0.843	1.000	0.843	0.693	0.980	0.707
Uruguai	0.952	1.000	0.952	0.822	0.993	0.828
<b>Não-membros do Mercosul</b>						
Bolívia	0.786	0.980	0.802	0.773	0.986	0.784
Chile	0.719	0.958	0.750	0.771	1.000	0.771
Colômbia	0.826	0.998	0.828	0.951	1.000	0.951
Equador	0.835	1.000	0.835	0.811	0.985	0.823
Guiana	0.992	1.000	0.992	1.000	1.000	1.000
Peru	0.869	0.995	0.874	0.848	1.000	0.848
Suriname	0.853	1.000	0.853	0.584	0.993	0.588
Venezuela	0.808	0.978	0.826	0.691	1.000	0.691

Fonte: Estimativas dos autores.

1.ET<sub>rce</sub>: eficiência Técnica (ET) calculado sob a suposição de retornos constantes de escala (RCE);

2.ET<sub>rve</sub>: eficiência Técnica (ET) calculado sob a suposição de retornos variáveis de escala (RVE);

3.ES : eficiência de escala;

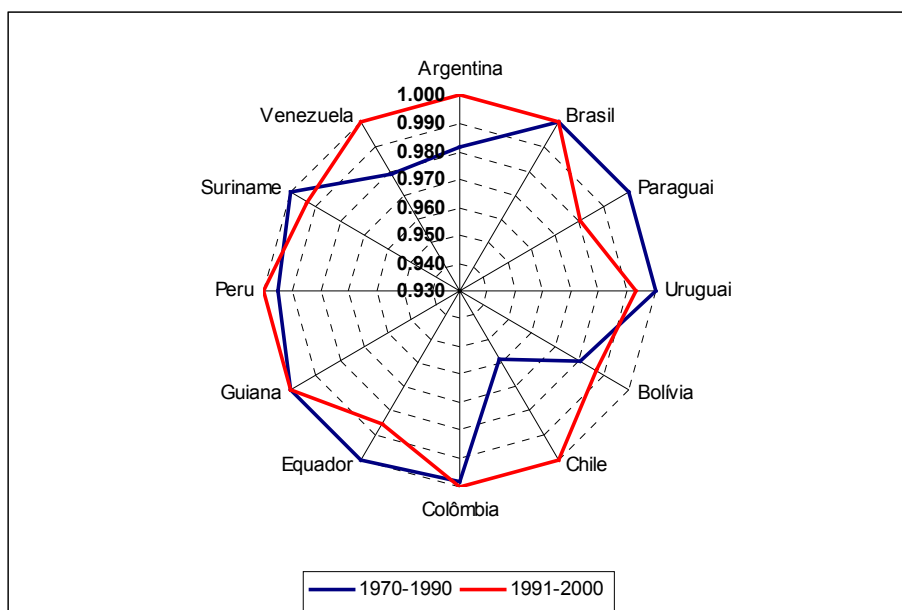


Gráfico 7  
Eficiência técnica média da produção agrícola sob retornos variáveis de escala nos países sul-americanos- 1970 a 2000

No segundo período (1991-2000), reduções no uso de todos os insumos utilizados pelo setor agrícola do Paraguai, Uruguai, Bolívia, Equador e Suriname, respectivamente, fariam com que esses países se tornassem plenamente eficientes.

A competitividade é essencial para que um país aumente suas participações no mercado mundial. Como a competição internacional atualmente baseia-se fortemente em atributos extra preços, os ganhos produtividade constituem um dos principais determinantes da competitividade setorial. A seção seguinte analisa a evolução da produtividade total dos fatores, procurando identificar suas principais fontes de variação.

### 3.2 Índice Malmquist de Produtividade Total dos Fatores

Os dados da Tabela 3 mostram que no período compreendido entre os anos de 1970 a 2000, ocorreram perdas de produtividade no setor agrícola apenas da Argentina, Brasil, Bolívia e Suriname. Entre os países que obtiveram ganhos de produtividade, os que mais se destacaram foram o Equador (6,2%) e o Uruguai (4,1%). Considerando-se as mudanças estruturais ocorridas no setor agrícola durante este período pode-se associar esses aumentos de produtividade principalmente aos incrementos na área cultivada, área irrigada e número de tratores utilizados (Tabela A1, apêndice).

Tabela 3- Valores Médios de Variações da Eficiência Técnica, Tecnológica e na Produtividade Total dos Fatores nos Países da América do Sul- 1970 a 2000.

Países	Varição na Eficiência Técnica	Varição Tecnológica	Varição na Produtividade Total dos Fatores



Argentina	0.998	0.965	0.963
Brasil	0.990	0.960	0.951
Paraguai	0.997	1.015	1.012
Uruguai	0.993	1.048	1.041
Bolívia	1.003	0.995	0.998
Chile	1.002	1.011	1.012
Colômbia	1.014	1.008	1.022
Equador	0.993	1.069	1.062
Guiana	1.000	1.015	1.015
Peru	0.999	1.030	1.029
Suriname	0.981	1.011	0.992
Venezuela	0.993	1.024	1.017

Fonte: Estimativas dos autores.

Dividindo-se o período de análise em dois subperíodos, verificou-se que entre os anos de 1970 e 1990 os maiores acréscimos médios na produtividade total dos fatores ocorreram no Peru (26,6%), Chile (22,7%) e Venezuela (20,6%). No Peru apenas as variações tecnológicas explicaram os ganhos de produtividade. No Chile e Venezuela os ganhos de produtividade ocorreram devidos principalmente às variações na eficiência técnica (Tabela 4).

Tabela 4- Valores Médios de Variações da Eficiência Técnica, Tecnológica e na Produtividade Total dos Fatores nos Países da América do Sul- 1970 a 1990

Países	Variação na Eficiência Técnica	Variação Tecnológica	Variação na Produtividade Total dos Fatores
Argentina	1.009	0.924	0.965
Brasil	0.997	0.913	0.941
Paraguai	1.015	0.996	1.117
Uruguai	0.998	1.039	1.143
Bolívia	1.015	0.967	1.113
Chile	1.018	0.985	1.227
Colômbia	1.020	0.978	1.094
Equador	0.998	1.075	1.159
Guiana	0.991	0.987	1.185
Peru	0.997	1.019	1.266
Suriname	1.013	0.990	1.005
Venezuela	1.009	1.002	1.206

Fonte: Estimativas dos autores.

No período correspondente a formação do Mercosul, 1991 a 2000, todos os países sul-americanos, com exceção do Suriname, apresentaram ganhos médios de produtividade, influenciados principalmente pelos incrementos tecnológicos (Tabela 5).

Tabela 5- Valores Médios de Variações na Eficiência Técnica, Tecnológica e na Produtividade Total dos Fatores nos Países da América do Sul- 1991 a 2000.

Países	Variação na Eficiência Técnica	Variação Tecnológica	Variação na Produtividade Total
<b>Membros do Mercosul</b>			
Argentina	0.975	1.054	1.028
Brasil	0.977	1.061	1.037
Paraguai	0.960	1.054	1.012
Uruguai	0.983	1.069	1.052
<b>Média</b>	<b>0.974</b>	<b>1.059</b>	<b>1.032</b>
<b>Não-membros do Mercosul</b>			
Bolívia	0.978	1.055	1.032
Chile	0.969	1.065	1.032
Colômbia	1.002	1.070	1.072
Equador	0.984	1.057	1.040
Guiana	1.018	1.073	1.093
Peru	1.004	1.054	1.058
Suriname	0.919	1.055	0.970
Venezuela	0.962	1.071	1.030
<b>Média</b>	<b>0.979</b>	<b>1.062</b>	<b>1.040</b>

Fonte: Estimativas dos autores.

No Brasil, a possibilidade de perdas na produtividade agrícolas foram uma das principais preocupações em relação à criação do Mercosul. Porém isso não ocorreu, pois a Argentina e Brasil que no período anterior apresentaram decréscimos de produtividade, passaram a obter ganhos médios de 2,8% e 3,7%, respectivamente.

Em suma, tem-se que embora, em média, a variação na produtividade total dos fatores tenha sido menor no período compreendido entre os anos de 1991 e 2000, todos os países membros Mercosul tiveram acréscimos de produtividade devido aos ganhos tecnológicos que foram mais que suficientes para compensar as perdas de eficiência técnica (Tabela 5).

#### 4- CONCLUSÕES

Com base nos resultados apresentados no presente estudo verificou-se que os países sul-americanos passaram por importantes transformações estruturais entre os anos de 1970 a 2000. A análise foi realizada de modo a considerar o período em que se consolidou a formação do Mercosul, com a finalidade de observar se este acordo regional provocou alguma mudança na eficiência técnica ou na produtividade total dos fatores.

As mudanças na estrutura do setor agrícola ocorreram em todos os países sul-americanos, refletindo-se de forma positiva sobre o valor da produção. Os setores agrícolas de cada economia experimentaram um grande salto tecnológico, decorrente principalmente da

adoção de práticas mais modernas de produção através da intensificação do processo de mecanização e uso de irrigação. Essas alterações refletem, dentre outros aspectos, a busca de estruturas produtivas mais eficientes para o setor agrícola.

Após a formação do Mercosul, a Argentina e o Brasil apresentaram-se tecnicamente eficientes, enquanto o Paraguai e o Uruguai tiveram seus escores de eficiência reduzidos passando a ser considerados tecnicamente ineficientes.

A variação na produtividade média da agricultura para os países membros foi menor no período compreendido entre os anos de 1991 e 2000 em comparação aos anos 1970-90, porém todos tiveram ganhos de produtividade, influenciados pelos ganhos tecnológicos os quais foram mais que suficientes para compensar as perdas de eficiência técnica.

Para os demais países da América do Sul os escores de eficiência também se alteraram. Em relação a produtividade, após a formação do Mercosul todos os países sul-americanos, com exceção do Suriname, apresentaram ganhos médios de produtividade, influenciados principalmente pelos incrementos tecnológicos. Porém, não se pode afirmar que a formação do Mercosul tenha afetado diretamente a eficiência ou a produtividade desses países, pois para tanto seriam necessárias futuras investigações para verificar se existe algum “efeito repercussão” entre essas economias.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CHARNES, A., COOPER, W.W.; RHODES, E. Measureing the Efficiency of Decision Making Units. **European Journal of Operational Research** 2, pp.429-444, 1978.
- COELLI, T. J., PRASADA RAO D. S.; BATTESE, G.E.. **An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis**. Kluwer Academic Publishers, Boston, 1997.
- COOPER, W.W., SEIFORD, L. AND TONE, K. **Data Envelopment Analysis: a comprehensive text with models, applications, references, and DEA-Solver software**. 3 ed. Norwell, Massachusetts: Kluwer Academic Publishers, 2002.
- FARE, R., GROSSKOPF, S., LOVELL, C.A.K. Measuring the Technical Efficiency of Production. **Journal of Economic Theory**, 19, 150-162, 1978.
- FARRELL, M.J. The Measurement of Productive Efficiency. **Journal of the Royal Statistical Society**, Series A, CXX, Part 3, 253-290, 1957.
- GREEN, S. R. **Uma reflexão teórico-metodológica sobre o processo de reestruturação alimentar na América Latina**. Curitiba: s.n.t, 1991 (mimeo)
- GUIMARÃES, E.P. Componente Tecnológico Comparativo das Exportações ao Mercosul e ao Resto do Mundo. **In: Mercosul – Avanços e Desafios da Integração**. Brasília: IPEA/CEPAL, 2001.

- MALMQUIST, S. Index Numbers and Indifference Surfaces. **Trabajos de Estadística**, 4,209-42. 1953.
- MONTOYA, M.A. O Agronegócio no Mercosul: dimensão econômica, desenvolvimento Industrial e interdependência estrutural na Argentina, Brasil, Chile e Uruguai. **Revista Brasileira de Economia**. V.56,n.4.out/dez,2002.
- TORESAN, L.;LANZER, E. A. **Avaliação da eficiência relativa das propriedades agrícolas típicas de Santa Catarina**. In: Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural, 33. Brasília, SOBER. Anais. V.1,p.559-565, 1995.

## APÊNDICE

Tabela A1- Variações relativas no índice de valor médio da produção e utilização de insumos agrícolas nos países sul-americanos-1970-2000.

Países	Valor da Produção (%)	Utilização de mão-de-obra (%)	Número de tratores em uso (%)	Área cultivada (%)	Área irrigada (%)	Quantidade utilizada de fertilizantes (%)
Argentina	80,43	-5,59	66,32	-0,78	21,95	36,38
Brasil	208,66	-37,59	385,92	33,00	265,58	32,92
Paraguai	193,28	68,13	243,75	56,18	67,50	105,22
Uruguai	27,56	-20,30	11,57	-1,16	246,15	-67,77
Bolívia	205,57	57,85	159,09	18,95	6,00	57,02
Chile	124,58	5,00	58,82	0,87	52,54	4,12
Colômbia	108,06	-15,13	-7,54	5,66	240,00	-72,81
Equador	125,60	8,72	187,10	67,00	84,04	55,99
Guiana	46,42	-40,71	9,01	25,89	30,43	16,43
Peru	119,51	21,45	20,18	4,60	8,05	11,23

Suriname	17,50	-20,20	44,57	83,33	82,14	-20,63
Venezuela	113,45	-27,39	155,21	8,56	109,09	22,06

---

Fonte: Estimativas dos autores (Baseado em dados da FAO)