

O setor agrícola nos países desenvolvidos e em desenvolvimento: comparação entre a América do Sul e União Européia por meio do índice Malmquist (1980-2002)

The agricultural sector in developed and developing countries: a comparison between South America and the European Union by means of the Malmquist index (1980-2002)

Adayr da Silva Ilha^{*}
Rubia Cristina Wegner^{**}

* Universidade de Viçosa (UFV).
Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

** Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

Resumo

Para as economias sul-americanas, a agricultura constitui setor fundamental nas trocas comerciais com terceiros países, principalmente com os desenvolvidos, entre os quais se destaca a União Européia. Aumentos de produtividade agrícola representam, entre outros, maior volume exportado e assim melhoria na posição competitiva do país no mercado mundial, sendo que maior eficiência técnica e progresso tecnológico são imprescindíveis para que esses incrementos ocorram. Portanto, no presente trabalho objetivou-se estimar a fronteira de produção da agricultura para os países sul-americanos comparativamente à União Européia, dado o estreitamento das relações comerciais entre esses blocos e a necessidade de averiguar se de fato a produtividade agrícola desses países em desenvolvimento é menor que a da União Européia, ante o estreitamento das relações comerciais entre eles. Para tal, utilizou-se o método de programação linear "Data Envelopment Analysis (DEA)" e o índice de Malmquist, que decompõe a produtividade total dos fatores em eficiência técnica e variação tecnológica, para 1980 a 2002. Como resultado principal, tem-se que apesar dos subsídios, a agricultura do bloco europeu não é eficiente, embora apresente progresso tecnológico.

Palavras-chave: Índice Malmquist. Produtividade total dos fatores. Agricultura comercial. Assimetrias de desenvolvimento econômico.

Abstract

For South American economies, agriculture constitutes a fundamental sector in commercial exchanges with other countries, mainly the developed ones, among which the European Union stands out. Growth in agricultural productivity represents higher export volume and consequent improvement in the competitive position of the country in the world market. However, better technical efficiency and technological progress are essential for such increments to happen. Therefore, in the present work, the aim was to investigate the frontier of the agricultural production for South American countries in comparison with the European Union, given the increasingly close commercial relations between such groups and the need to verify if, in fact, the agricultural productivity in developing countries is smaller than the one in the European Union. In order to do that, the study used the linear programming method "Data Envelopment Analysis (DEA)" and the Malmquist index, which separates the total productivity of factors in technical efficiency and technological variation, for the period between 1980 and 2002. As the main result, it was discovered that, despite subsidies, the agriculture in the European group is not efficient, although it presents technological progress.

Keywords: Malmquist Index. Total productivity of factors. Commercial agriculture. Economic development asymmetries.

1 Introdução

Os ganhos de comércio da agricultura pela União Européia se sustentam especialmente por elevados subsídios agrícolas aos produtores (PERALES, 1994) de modo que não se explicam, necessariamente, pela maior produtividade em comparação aos países em desenvolvimento, no caso do presente estudo, os sul-americanos.

Por outro lado, o confronto da produtividade total dos fatores agrícola entre países desenvolvidos e em desenvolvimento, estudados anteriormente, tem de-

monstrado a queda da produtividade dos países em desenvolvimento (FULGINITI; PERRIN, 1997), destarte o intenso processo de modernização por que o setor desses países passou a denominada Revolução Verde.

Contudo, os percalços enfrentados pelo comércio agrícola vão além do protecionismo. Afinal, alimentos e matéria-prima estão subjugados às modificações e tendências estruturais dos seus respectivos mercados internacionais, ao lento crescimento da população nos países desenvolvidos, à baixa elasticidade renda da demanda e à substituição por produtos sintéticos, levando à redução nos preços (FAO, 1994; TODARO, 1991).

Nessa perspectiva, incrementos na produtividade agrícola podem ser convertidos em suficiência alimentar e excedentes comerciais, além de representarem, por meio do progresso tecnológico, *commodities* agrícolas mais processadas (EHUI; DELGADO, 1999), sendo que, especialmente para os países em desenvolvimento, a capacidade em produzir mais produtos agrícolas, como grãos e gado, com menor quantidade de insumos é certamente o aspecto principal para o bom funcionamento do setor agrícola e, conseqüentemente, da economia como um todo.

Decompor a produtividade total dos fatores em variação tecnológica e variação de eficiência técnica proporciona uma forma alternativa de contrastar convergência no crescimento da produtividade, assim como identificar a inovação. (RODRÍGUEZ; AYUSO, 2004) entre países desenvolvidos e em desenvolvimento.

Dessa forma, na seção 1 levantam-se os principais percalços do setor agrícola nos mercados mundiais. Na seção 3 inicialmente se expõe o uso do índice Malmquist para averiguar o desempenho do setor agrícola em países com diferentes níveis de desenvolvimento econômico e, em seguida, apresenta-se a metodologia. Na seção 5 são traduzidos os resultados e a discussão dos mesmos e por fim, as considerações finais.

2 Objetivo

Os objetivos principais desse estudo são determinar as diferenças entre os países sul-americanos e União Européia nos ganhos de eficiência técnica e variação tecnológica; estabelecer uma relação entre o efeito *catch-up* (alteração da eficiência técnica) e variações positivas na fronteira de produção (progresso tecnológico).

3 - A agricultura e comércio nos países desenvolvidos e em desenvolvimento: União Européia e América do Sul

A agricultura se apresenta como setor primordial para o desenvolvimento econômico de um país, tanto pelos ganhos comerciais quanto pelas questões socio-econômicas que abarca. Desde a percepção de que o protecionismo agrícola articulado pelos países desenvolvidos era preterido das discussões nas rodadas do GATT, a conseqüente elaboração de propostas para a rodada do Uruguai, capazes de multilateralizar o máximo possível o comércio agrícola, as transformações na produção e no consumo de bens agrícolas constituem fatores responsáveis por evidenciar as diferenças entre países desenvolvidos em desenvolvimento no setor.

Essas transformações estruturais no comércio agrícola têm contribuído para a perda de importância relativa do fluxo comercial agrícola no comércio internacional

como um todo (FAO, 2005), embora não tenha estagnado. O protecionismo em si leva ao crescimento das exportações agrícolas entre os países desenvolvidos, especialmente da União Européia, “[...] cuya participación en las exportaciones agrícolas totales ha pasado de algo más del 20 por ciento a comienzos del decenio de 1960 a más del 40 por ciento en la actualidad” (FAO, 2005, p. 16).

A agricultura nos países sul-americanos foi objeto de intenso e abrupto processo de modernização a partir dos anos 1950 até os anos 1980, a denominada Revolução Verde, embora as tecnologias e técnicas empregadas não tenham sido uniformes entre os mesmos (PIÑEIRO et al., 1983). Esse projeto modernizante assumiu caráter público em termos de envolvimento de instituições estatais nas pesquisas agropecuárias, porém manteve a estrutura oligárquica de posse de terras nesses países.

Estudos têm demonstrado por meio da aplicação do índice Malmquist para analisar a produtividade agrícola dos países em desenvolvimento que atravessaram a Revolução Verde, que os incrementos de produtividade agrícola, nesses países, foram relativamente pequenos, dado o contexto de introdução de novas técnicas agrícolas que envolveram esse período.

Do esgotamento da Revolução Verde, enquanto catalisadora do incremento da produtividade agrícola proporcionalmente ao crescimento populacional desses países e, assim, da formação de excedente exportável se promove a bio-revolução. Essa teria por maior objetivo reduzir a dependência dos países em desenvolvimento dos países desenvolvidos na obtenção de insumos agroquímicos, logo, possibilitaria uma produção agrícola com menores custos, maior produtividade, maior variedade de produtos.

Nessa perspectiva, a existência do efeito *catch-up*, o qual implica na redução das distâncias por parte dos países mais atrasados em relação aos mais ricos (BAUMOL et al, 1994). O crescimento da produtividade por meio da variação tecnológica tem desempenhado importante papel no crescimento da agricultura. Esse fato explica o porquê das taxas de crescimento da produtividade para grãos e gado serem também um fator determinante na mudança da composição do comércio agrícola (EHUI; DELGADO, 1999).

Quando a motivação do estudo é a diferença de crescimento da produtividade total dos fatores entre países desenvolvidos e em desenvolvimento, cabe ressaltar que essa diferença pode afetar o crescimento da produtividade por meio de efeitos das políticas agrícolas. Depreende-se, pois, políticas públicas que fomentariam a inovação tecnológica na agricultura, bem como

1 Na rodada do Uruguai a agricultura foi tratada como área decisiva nas negociações por razões como: Confronto entre os mais importantes sócios comerciais do mundo quanto aos subsídios concedidos e as restrições às importações agrícolas; Pressões orçamentárias pela redução de gastos com a agricultura; Evidência dos custos desse protecionismo; Falência do GATT em ampliar o comércio para o multilateralismo; Reconhecimento das distorções do protecionismo agrícola aos fluxos de comércio; Após a liberação comercial, a agricultura seria o setor que obteria maiores ganhos; e Vontade política dos EUA em incluir o setor na rodada.

2 Contrariamente à Revolução Verde, a bio-revolução assume caráter eminentemente privado, haja vista que seus impulsores são empresas transnacionais, que acumulam capacidades próprias de investigação, investimentos de capital em empresas de engenharia genética, propriedades de empresas de semente e acesso a pesquisas de universidades.

a maneira como o governo interfere nas políticas de comércio internacional (COYLE et al, 1998).

Considerando-se que a produtividade é fundamental para o crescimento econômico e, no caso, da agricultura, é de fundamental importância avançar no diagnóstico das ferramentas e instrumentos capazes de levar a um conhecimento mais específico da produtividade ao longo do tempo.

4 Metodologia

4.1 Compreensão do desempenho da agricultura por meio do índice Malmquist de produtividade total dos fatores: comparações e fundamentos teóricos

A presente subseção objetiva expor o uso da programação matemática - Análise Envoltória de Dados e, por conseguinte, do índice Malmquist de produtividade total dos fatores por meio de breve revisão bibliográfica de estudos que se valeram dessa metodologia. Assim, pretende-se mostrar as principais maneiras em que se dá a abordagem DEA-Malmquist. Ressalta-se que o estudo de medidas de eficiência fornecidas pelos métodos em questão, baseado em técnicas não-paramétricas surgiu da proposição de que cada unidade de produção fosse avaliada em relação às demais como um conjunto homogêneo e representativo.

A concepção de produtividade total dos fatores se fundamenta na relação entre tecnologia e formação de capital como determinantes das análises de crescimento. Dessa forma, a produtividade como fonte de crescimento consiste em mensurar o grau em que o produto cresce em função de fatores tecnológicos e quanto será destinado a formação de capital (HULTEN, 2000).

Produtividade total dos fatores é, logo, uma taxa de crescimento, sendo de interesse para comparações intertemporais para um dado país ou região em diferentes períodos, embora “[...] a developing country may have a more rapid growth of total factor productivity than a developed country because it starts from a lower level and is able to import technology.” (HULTEN, 2000, p. 26). Portanto, comparar a produtividade de países em desenvolvimento e desenvolvidos incorre nessa possível distorção de resultados.

A Análise Envoltória de Dados (DEA) enquanto instrumento para obtenção de funções/distância e medidas de eficiência técnica na produção foi desenvolvida inicialmente por Charnes et al (1994), a qual permite mensurar a eficiência na produção de uma unidade produtiva em termos da quantidade pela qual o produto possa ser incrementado para aumentar a eficiência, dada à quantidade de insumo utilizada pela unidade produtiva analisada. Esse método surge como alternativa aos métodos estocásticos convencionais para análise da eficiência, constituindo-se numa técnica não-paramétrica que utiliza a programação matemática para analisar a eficiência relativa das unidades de produção.

Alauddin et al (2005) utilizaram o índice Malmquist de produtividade total dos fatores com fronteiras estocásticas de produção para determinar as funções-distância requeridas pelo índice. Analisaram, dessa ma-

neira, possíveis crescimentos da produtividade total dos fatores de 111 países, incluindo Europa e América Latina, no período de 1970 a 2000. Os autores concluíram que embora tenham observado considerável progresso tecnológico, os incrementos de produtividade agrícola foram bastante modestos, além das condições que teriam determinado efeito *catch-up* teriam sido determinadas por recursos naturais, nos países analisados, de modo geral.

Ressalta-se que o efeito *catching-up* equivale ao índice mudança de eficiência técnica, logo, representa o movimento de aproximação dos países à fronteira de produção, sendo que em determinado período de tempo esses países alcançarão, de fato, posição na fronteira e, a partir de então, crescimentos de produtividade passarão a ser explicados por movimentos sobre a mesma, isto é, pela ocorrência de inovação tecnológica (LUDENA, 2005).

Na perspectiva de comércio internacional e desenvolvimento econômico, uma nação em desenvolvimento pode se deslocar de um ponto ineficiente de sua fronteira de produção, no qual recursos são subutilizados devido à demanda interna insuficiente, para um ponto de sua fronteira de produção com comércio. Além disso, ao expandir seu mercado, o comércio possibilita a divisão do trabalho e economias de escala; é, também, mecanismo de transmissão de novas idéias, novas tecnologias, e de nova capacitação empresarial; o comércio estimula e facilita o fluxo internacional de capital dos países desenvolvidos para os em desenvolvimento; a importação de produtos manufaturados pode estimular a demanda interna ao ponto de levá-los à produção doméstica; o comércio internacional é uma importante arma contra o monopólio (MAXIMOVA, 1976).

Para inferir a evolução e a convergência tecnológica de grãos e de gado, Ludena *et al* (2005) utilizaram a produtividade parcial dos fatores e o índice discrecional Malmquist de produtividade total dos fatores. Contrapõe-se à produtividade total dos fatores ao indicar claramente em quanto houve mudanças para o insumo analisado, fornecendo um diagnóstico mais completo. Nesse sentido, o índice discrecional de Malmquist se baseia na suposição de que uma função que mede a distância de um vetor de insumo/produto dado para a função tecnicamente eficiente tem sua direção definida por níveis relativos de produtos alternados. Os resultados obtidos por esses autores indicaram que o setor dos animais não ruminantes foi mais dinâmico em relação ao setor dos animais ruminantes, a produtividade dos não-ruminantes em países em desenvolvimento pode estar convergindo para os mesmos níveis obtidos pelos países desenvolvidos.

Fulginiti e Perrin (1997) utilizaram a abordagem não-paramétrica para obter funções-distância necessárias para o cálculo do índice Malmquist de produtividade total dos fatores, leia-se, a Análise Envoltória dos Dados (DEA), para examinar as mudanças na agricultura de dezoito países em desenvolvimento, no período de 1961 a 1985. O principal objetivo desses autores foi o de averiguar se o índice de Malmquist confirmaria os resultados obtidos com outras metodologias utilizadas

em estudos de outros autores, quais sejam, de que a agricultura dos países em desenvolvimento estaria apresentando produtividade declinante. Os resultados encontrados evidenciaram que, de fato, os países menos desenvolvidos estariam apresentando menor produtividade na agricultura, bem como que os doze países essencialmente agrícolas foram aqueles que apresentaram taxas negativas de mudança de produtividade. Dentre os países escolhidos por esses autores estão Argentina, Brasil, Chile e Colômbia, os quais são também objetos do presente estudo.

Coelli e Rao (2003) também pautaram o índice Malmquist de produtividade total dos fatores na Análise Envoltória de Dados para averiguar a convergência ou divergência tecnológica e *catching-up* na agricultura de 93 países, no período de 1980 a 2000. Além disso, o estudo desses autores deriva os preços-sombra que estão implícitos na idéia da abordagem análise envoltória dos dados. Os resultados obtidos pelos autores mostraram crescimento anual da produtividade total dos fatores em 2,1%, com variação da eficiência (*catch-up*) contribuindo em 0,9% por ano e mudança técnica provendo os outros 1,2%.

Portanto, os estudos realizados fundamentam-se na constatação da importância de se examinar as fontes do crescimento da produtividade ao longo do tempo, bem como as diferenças da produtividade entre os países estudados, apontando para a ocorrência ou não de convergência tecnológica e/ou *catching-up* nos países estudados.

4.2 - Mensuração da produtividade total dos fatores: índice Malmquist

As informações dos dados utilizados no presente estudo foram retiradas do banco de dados do sistema AGROSTAT da Divisão de Estatísticas da FAO referentes aos países da América do Sul, exceto Guiana Francesa e Ilhas Malvinas/Falklands, e dos quinze países da União Européia, embora Bélgica e Luxemburgo tenham sido aglutinados em um único país: Benelux. O período é 1980 a 2002. Neste sentido, tem-se uma amostra de dados em painel onde foram utilizadas as seguintes variáveis: países; população agrícola ativa; terra arável; número de tratores em uso; área irrigada; consumo de fertilizantes; gado; cereais.

Ressalta-se que a metodologia usada não permite identificar fatores ou variáveis que afetam os índices de produtividade total, de variação de eficiência técnica e variação tecnológica além daquelas que explicam o termo ineficiência técnica de produção.

O cálculo do índice Malmquist se utiliza das medidas de distância em relação à fronteira, que é utilizada para indicar que não é possível encontrar nenhuma observação acima dela. A diferença, positiva ou negativa, entre o valor fronteira estimado para a produção pode ser interpretada como medida de ineficiência técnica (REBELO, 2000).

Os resultados são interpretados da seguinte maneira: conforme a eficiência técnica (5) seja maior, menor ou igual à unidade verifica-se uma melhoria, estagnação ou declínio, respectivamente, da agricultura relativa ao país quanto à tecnologia disponível. A expressão (6) indica se a tecnologia empregada pelo produtor está a melhorar, estagnar ou regredir (se a variação tecnológica for superior, igual ou inferior à unidade, respectivamente) em função da melhor prática tecnológica.

Como instrumentos metodológicos para obtenção das funções-distância, citam-se a fronteira estocástica, paramétrica, e a análise envoltória dos dados (DEA), não-paramétrica. Ambos os instrumentos metodológicos 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 à ineficiência, enquanto que a metodologia DEA assume que todos os desvios se devem as ineficiências técnicas. Além dessas limitações, a análise envolvente apresenta outras quais sejam: a presença de uma observação discrepante na amostra de dados utilizada influenciará todas as outras medidas de eficiência; por consistir em instrumental matemático, não analisa a eficiência absoluta das unidades estudadas e o uso de testes de hipóteses estatísticas é extremamente difícil (GOMES; BAPTISTA, 2004).

Para esse estudo das medidas de eficiência, utilizar-se-á a estimação de fronteiras eficientes através da análise envoltória de dados (DEA) baseada na programação matemática. Em relação à abordagem paramétrica (fronteiras estocásticas de produção), uma das principais vantagens é a não necessidade de determinar uma relação funcional prévia entre insumos e produtos.

Dentre as demais vantagens, têm-se: pode prescindir de sistemas de preços, baseia-se em observações individuais e não em valores médios, permite a incorporação de insumos e produtos avaliados em unidades de medidas diferentes, produz resultados alocativos eficientes de acordo com Pareto, exige uma única medida resumo de eficiência (MARINHO, 2001).

Portanto, a medida de eficiência técnica é obtida resolvendo-se um problema de programação linear, sob a hipótese de que existem m insumos e s produtos para um grupo de j países em um dado período de tempo. Dessa forma, encontram-se os "pesos" v_i e u_j que maximizem a razão entre o produto e o insumo potencial para i -ésima firma, sujeito à restrição de que todas as medidas de eficiência das demais firmas da amostra devam ser menores ou iguais à unidade. Para evitar infinitas soluções, impõe-se a seguinte restrição:

$$v_i x_{li} + \dots + v_m x_{mi} = 1, \text{ logo:}$$

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

sujeito às restrições:

3 Em oposição a esse estudo, cita-se Pfeiffer (2003) que por meio da fronteira estocástica e da função Cobb-Douglas de produção, conclui pela não ocorrência de regressão tecnológica nos países em desenvolvimento.

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

Devido à dualidade em programação linear, o problema (1) pode ser escrito também:

$$\begin{aligned} \text{Min } \theta_{\theta, \lambda} \\ \text{sujeito às restrições:} \\ -y_i + Y\lambda &\geq 0 \\ \theta x_i - X\lambda &\geq 0 \\ \lambda &\geq 0 \end{aligned} \quad (2)$$

Onde θ é um escalar e λ um vetor de constantes dimensões $N \times 1$.

O problema consiste em determinar a máxima contração radial do vetor do insumo x_p , de modo que se mantenha no conjunto factível de produção. As medidas de eficiência técnica, obtidas a partir da estimação de fronteiras de produção amparadas pelo método DEA podem assumir orientação pelo produto ou pelo insumo.

Se orientado pelo produto, o DEA define a fronteira buscando o máximo incremento proporcional do produto, mantendo fixo o nível de insumos. Do contrário, orientação pelo insumo, a fronteira é definida a partir da máxima redução proporcional possível no nível de utilização dos insumos, mantendo o nível de produto constante.

Portanto, a ineficiência técnica do país j – representada pela distância entre o país e a fronteira de produção, pode ser interpretada de duas formas: assumindo-se orientação pelo insumo – a distância entre a firma e a fronteira de produção representa a porcentagem pela qual a quantidade de todos os insumos deve ser reduzida para que a unidade produtiva (país j) seja plenamente eficiente. Sob a orientação pelo produto, a distância entre país e fronteira de produção indica quanto o produto pode ser expandido sem alterar a quantidade utilizada de insumos.

Todavia, ambas as medidas citadas acima determinam o mesmo valor quando as tecnologias apresentam retornos constantes de escala (RCE), mas diferentes quando as tecnologias são supostas com retornos variáveis de escala (RVE) (FÄRE; LOVELL, 1978).

No presente estudo, para construir o índice Malmquist de produtividade total dos fatores, baseou-se no estudo de Färe et al (1994). Assim, para cada período de tempo $t = 1, \dots, T$, a tecnologia de produção S^t é definida como o conjunto de todos os insumos factíveis $[x^t = (x^t, \dots, x^N)]$ e os pares de produtos $[y^t = (y^t, \dots, y^M)]$. Assumiu-se que o conjunto S^t seja não-vazio, fechado e convexo e que ambos os insumos e produtos são livremente disponíveis. Dessa maneira, a função distância do produto no período t pode ser definida como:

$$D^t(x^t, y^t) = \inf \left\{ \theta : \left(x^t, \frac{1}{\theta} y^t \right) \in S^t \right\} \quad (3)$$

Essa função distância assumirá um valor que é menor ou igual a um, se o vetor produto y for um elemento de conjunto de produção exequível $P(x)$. Essa função terá valores iguais a um se y estiver localizado fora da fronteira do conjunto de produção factível.

A tecnologia de referência para a primeira fração é S^t , e na segunda fração é S^{t+1} . Se $m < 1$, produtividade terá aumentado entre os períodos t e $t+1$. O índice Malmquist de produtividade total dos fatores é a média geométrica de ambos esses índices, ou melhor:

$$M(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) = \left[\frac{D^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D^t(x^t, y^t)} \cdot \frac{D^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D^{t+1}(x^t, y^t)} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (4)$$

Ressalta-se que índice superior a um, corresponde a incremento de produtividade. A expressão (11) pode ser decomposta em:

Varição de Eficiência Técnica=

$$\frac{D^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D^t(x^t, y^t)} \quad (5)$$

Varição Tecnológica=

$$\left[\frac{D^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \times \frac{D^t(x^t, y^t)}{D^{t+1}(x^t, y^t)} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (6)$$

Färe et al (1994) introduziram uma decomposição adicional do índice Malmquist, relativamente à equação número doze. Essa decomposição permite identificar a mudança na eficiência de escala, a qual corresponde à mudança na produtividade resultante da mudança de escala que traz a economia mais próxima, ou mais distante da escala de produto ótima como identificado pelos retornos variáveis de escala.

Mudança de eficiência pura =

$$\frac{D^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})_{BCC}}{D^t(x^t, y^t)_{BCC}} \quad (7)$$

Mudança de escala =

$$\left[\frac{D^t(x^t, y^t)_{BCC}}{D^t(x^t, y^t)_{CCR}} \times \frac{D^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})_{CCR}}{D^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})_{BCC}} \right] \quad (8)$$

Mudança de eficiência sob retornos constantes de escala (CCR) equivale à mudança de eficiência pura multiplicada pela eficiência de escala, onde CCR (BCC) indica a distância mensurada sob retornos constantes (variáveis) de escala. A mudança de eficiência pura mensura a mudança na eficiência técnica sob tecnologia com retornos variáveis de escala.

Assim, por meio da definição de função distância pelo insumo e sua reciprocidade como uma medida de eficiência técnica, os escores de eficiência técnica (ET) dos países serão calculadas por $q=[d_i^s(y_s, x_s)]^{-1}$ que varia entre zero e um.

Deve-se salientar que impor retornos constantes de escala da tecnologia é deveras importante para o cálculo PTF de Malmquist, do contrário, as medidas resultantes poderiam refletir inadequadamente os ganhos ou perdas resultantes do efeito escala, conforme demonstrado. No presente trabalho será adotado a orientação produto, pois se entende que o objetivo dos agricultores seja maximizá-lo.

5 Discussão dos resultados

A partir da metodologia adotada, os resultados encontrados objetivam identificar tendências quanto ao deslocamento do setor agrícola dos países objeto do estudo em relação à fronteira eficiente de produção, à evolução tecnológica e ao crescimento da produtividade total dos fatores da agricultura ao longo do período

analisado. Nesse contexto, para identificar o desempenho da agricultura dos países sul-americanos e da União Européia de dividiu o período de análise em dois subperíodos: 1980 a 1991 e de 1991 a 2002, o qual coincide com a formação principal do bloco econômicos da América do Sul; MERCOSUL e com a intensificação das tentativas de assinatura de acordos de liberação comercial entre União Européia o mesmo. Por meio do cálculo do índice de Malmquist decomposto em variação tecnológica e efeito *catching-up* se dividiu o período de análise em dois subperíodos: o primeiro de 1980 a 1991 e o segundo de 1991 a 2002, o qual coincide com a formação principal bloco econômico da América do Sul: MERCOSUL e com a intensificação das tentativas de assinatura de acordos de liberalização comercial entre União Européia e o mesmo.

Na tabela 1 utilizam-se os modelos de análise envoltória de dados (DEA) para o cálculo dos escores individuais de eficiência técnica de Farrell para o período total e as delimitações temporais adotadas para a agricultura dos países da América do Sul e da União Européia.

Tabela 1 – Estimativa dos escores de Eficiência Técnica sob retornos constantes à escala.

Países	1980-2002	1980-1990	1991-2002
Argentina	1,000	1,000	0,318
Bolívia	1,000	1,000	1,000
Brasil	0,580	1,000	0,993
Chile	0,439	0,421	1,000
Colômbia	0,851	0,918	1,000
Equador	0,565	0,525	1,000
Guiana	0,433	0,772	0,557
Paraguai	0,984	1,000	0,932
Peru	0,701	0,598	0,747
Suriname	1,000	1,000	0,482
Uruguai	1,000	1,000	0,765
Venezuela	0,466	0,458	1,000
América do Sul	0,598	0,748	0,615
Média Geométrica	0,863	0,920	0,801
Alemanha	0,433	0,740	1,000
Áustria	1,000	1,000	1,000
Benelux	0,588	0,992	0,680
Dinamarca	0,536	1,000	1,000
Espanha	0,300	0,477	1,000
Finlândia	0,241	0,592	0,579
França	0,422	1,000	1,000
Grécia	0,110	0,492	0,506
Holanda	0,788	0,713	0,672
Irlanda	1,000	1,000	0,618
Itália	0,240	0,396	0,684
Portugal	0,194	0,128	1,000
Reino Unido	0,514	1,000	1,000
Suécia	1,000	1,000	0,490
União Européia	0,243	0,565	0,576
Média Geométrica	0,532	1,160	1,271

Fonte: Resultados da pesquisa.

Os países sul-americanos com eficiência técnica na agricultura eficiente no de 1980 a 1990, foram: Argentina, Bolívia, Brasil, Paraguai, Suriname e Uruguai e no de 1991 a 2002: Bolívia, Chile, Colômbia, Equador e Venezuela apresentaram eficiência na sua agricultura, logo, apenas a agricultura boliviana se manteve eficiente. Considerando-se o período de 1980 a 2002, constata-se que Argentina, Bolívia, Suriname e Uruguai foram eficientes em seu setor agrícola, sendo que, à exceção do Paraguai, esses países foram em seu setor agrícola.

A média geométrica para o escore de eficiência técnica da agricultura na América do Sul no período de 1980 a 2002 foi de 0,863, de modo que para que esse setor se torne eficiente é necessária uma contração radial ou redução no uso dos insumos de 13,7%, da mesma forma para os ambos os subperíodos: redução em 0,08% nos insumos utilizados de 1980 a 1990 e em 19,9% para 1991 a 2002, de modo a obterem ganhos de eficiência.

Destaca-se que, no período de conformação do MERCOSUL correspondente ao subperíodo adotado, 1991 a 2002, os países membros do bloco apresentaram perdas de eficiência técnica relativamente a 1980 a 1991: Dessa forma, embora todos os países membros tenham apresentado agricultura eficiente no subperíodo

em que o bloco não estava formado, o setor se mostrou ineficiente nesses países, no período em que o mesmo fora criado; Argentina supostamente teve que reduzir a utilização de insumos em 68,2%; Brasil em 0,7%; Paraguai em 6,8% e o Uruguai em 23,5%.

No caso da União Européia: Áustria, Irlanda e Suécia apresentaram eficiência técnica na agricultura no período estudado, sendo que de 1980 a 1990, Áustria, Dinamarca, França, Irlanda e Suécia tiveram a agricultura com posição eficiente quanto à fronteira de produção. De 1991 a 2002 a agricultura se mostrou eficiente em Alemanha, Áustria, Dinamarca, Espanha, França, Portugal e Reino Unido. A média geométrica do escore de eficiência técnica da agricultura da União Européia no período de 1980 a 2002 foi de 0,532, logo, para se tornar eficiente será necessária uma redução em 46,8% da utilização de insumos da agricultura.

No período de 1980 a 2002 (tabela 2) os países sul-americanos não demonstraram tendência a mudanças em direção à fronteira eficiente de produção: não apresentaram incremento substancial no índice de eficiência técnica. Os países cuja agricultura se manteve aos níveis apresentados na tabela 1 e, portanto, não apresentaram ganhos de eficiência técnica, foram: Bolívia e Brasil, em função da ineficiência de escala e da pura.

Tabela 2 – Valores médios de variação de eficiência técnica, tecnológica e na produtividade total dos fatores nos países da América do Sul, 1980-2002.

Países	Índice Malmquist (PTF)	Mudança Técnica (TECH)	Mudança Eficiência Técnica (EFCH)	Mudança Eficiência Pura (EPCH)	Mudança Escala (EECH)
Argentina	0,961	0,966	0,995	1,000	0,995
Bolívia	0,981	0,981	1,000	1,000	1,000
Brasil	1,009	1,010	1,000	1,000	0,999
Chile	1,011	0,985	1,026	1,010	1,016
Colômbia	1,021	1,019	1,002	1,000	1,002
Equador	1,013	1,003	1,011	1,004	1,006
Guiana	1,017	0,979	1,039	1,042	0,997
Paraguai	0,975	0,992	0,983	0,991	0,992
Peru	1,041	1,020	1,020	1,012	1,008
Suriname	0,942	0,951	0,991	1,000	0,991
Uruguai	1,017	1,010	1,007	0,999	1,008
Venezuela	1,015	1,001	1,014	1,011	1,003
América do Sul	1,010	1,008	1,002	1,000	1,002
Média Geométrica	1,003	0,995	1,008	1,005	1,003

Fonte: Resultados da pesquisa

A agricultura mostrou galgar pontos mais eficientes na fronteira e produção em: Chile (+2,6%), Colômbia (+0,2%), Equador (+1,1%), Guiana (+3,9%), Peru (+2%), Uruguai (0,7%) e Venezuela (+1,4%) e aqueles que não apresentaram foram: Argentina (-0,5%), Paraguai (-1,7%) e Suriname (-0,9%). Ressalta-se que para a agricultura da Argentina e de Suriname não houve variação positiva do índice mudança de eficiência técnica devido à inexistência de mudança de escala e para Paraguai devido à inexistência de ganhos de mudança de escala e de mudança de eficiência pura.

Por meio da tabela 2, observa-se que o setor agrícola do Brasil, da Colômbia, do Equador, do Peru, do Uruguai e da Venezuela apresentou progresso tecnológico, embora isto é, índice de mudança técnica superior a um, embora Argentina, Bolívia, Chile, Guiana, Paraguai e Suriname apresentaram regressão tecnológica no setor. Observa-se, também, que dos países membros do MERCOSUL, apenas Brasil e Uruguai experimentaram positivas as variações, tecnológica de eficiência técnica.

Não houve crescimento da produtividade total dos fatores da agricultura (tabela 2) para Argentina, Bolívia,

Paraguai e Suriname. A explicação para isso diverge de país para país, ou melhor, enquanto para Bolívia o índice de eficiência técnica (igual a um) não foi suficiente para superar a regressão tecnológica (-1,9%), nos demais países com esse mesmo desempenho, Paraguai (-2,5%) e Suriname (-5,8%), não houve incrementos de produtividade total dos fatores devido à regressão tecnológica e a não ocorrência de efeito *catching-up*.

Em suma, os resultados desse período evidenciam a importância do índice de mudança de eficiência técnica para a produtividade total dos fatores da agricultura dos países sul-americanos de modo geral. Com base na média geométrica, infere-se que a produtividade total dos fatores agrícolas da América do Sul apresentou taxa positiva de crescimento em 0,3% de 1980 a 2002 (tabela 02), sendo explicada pela variação positiva de eficiência técnica (+0,8%) devido ao crescimento dos índices de mudanças de escala (0,3%) e mudança de eficiência pura (0,5%). Afinal, a agricultura sul-americana experimentou regressão tecnológica à taxa de 0,5%.

O projeto modernizante levado a cabo pela Revolução Verde não representou ganhos consideráveis de produtividade pela agricultura, tampouco de progresso tecnológico. Esse resultado coaduna-se ao encontrado por outros autores Alauddin et al, (2005); Rao e Coelli, (1998), ou melhor, não houve transformação tecnológica eficiente nos países em desenvolvimento objeto da referida revolução.

Infere-se que Argentina e Bolívia apresentaram índice mudança de eficiência técnica igual a um para a agricultura (tabela 3), assim como Paraguai e Suriname, sendo que mudança de eficiência pura e mudança de escala determinaram o valor desse índice para esses países. Chile, Colômbia, Equador, e Venezuela apresentaram variação positiva de mudança de eficiência técnica e, por conseguinte, estão se aproximando da fronteira de produção. Nos casos da agricultura do Chile e do Equador o efeito *catching-up* ocorreu devido à mudança de eficiência pura.

Tabela 3 - Valores médios de variação de eficiência técnica, tecnológica e na produtividade total dos fatores nos países da América do Sul, 1980-1990.

Países	Índice Malmquist (PTF)	Mudança Técnica (TECH)	Mudança Eficiência Técnica (EFCH)	Mudança Eficiência Pura (EPCH)	Mudança Escala (EECH)
Argentina	0,961	0,961	1,000	1,000	1,000
Bolívia	0,995	0,995	1,000	1,000	1,000
Brasil	0,967	0,995	0,972	1,000	0,972
Chile	1,036	1,006	1,029	1,035	0,995
Colômbia	1,021	1,019	1,001	1,000	1,001
Equador	1,019	1,002	1,016	1,033	0,984
Guiana	0,915	1,016	0,900	0,930	0,968
Paraguai	0,994	0,994	1,000	1,000	1,000
Peru	0,988	0,991	0,997	0,997	1,000
Suriname	0,989	0,989	1,000	1,000	1,000
Uruguai	1,010	1,011	0,999	1,000	0,999
Venezuela	1,021	0,993	1,028	1,026	1,002
América do Sul	0,995	0,991	1,000	1,003	1,003
Média Geométrica	0,992	0,996	0,996	0,996	1,000

Fonte: Resultados da pesquisa

De 1980 a 1990 (tabela 3), apresentaram variação tecnológica positiva na agricultura: Chile, Colômbia, Equador, Guiana e Uruguai o apresentaram, embora Argentina, Bolívia, Brasil, Paraguai, Peru e Suriname não. Dos países mercosulinos apenas Uruguai afez progressão tecnológica, embora esse país não tenha apresentado variação positiva de eficiência técnica, o que é preconizado pela literatura para os países em desenvolvimento (LUDENA, 2005).

Nesse contexto, houve incremento de produtividade total dos fatores da agricultura para Chile, Colômbia, Equador, Uruguai e Venezuela, em função do ganho de eficiência técnica e da variação tecnológica positiva, exceto para o Uruguai. Por outro lado, os que não apresentaram crescimento da produtividade agrícola foram:

Argentina (-3,9%), Bolívia (-0,5%), Brasil (-3,3%), Guiana (-7,5%), Paraguai (-0,6%), Peru (-1,2%) e Suriname (-1,1%), para o que a regressão tecnológica foi a explicação, excetuando-se Brasil e Peru, os quais apresentaram tanto a regressão tecnológica (-0,5%; -0,9%), quanto a posição ineficiente da agricultura dos mesmos em relação à fronteira de produção (-2,8%; -0,3%) como determinantes. Além desses, excetua-se a agricultura da Guiana para a qual a posição ineficiente foi o principal determinante (-10%) para perda de produtividade total dos fatores agrícola.

A média geométrica para 1980 a 1990 (tabela 3), evidencia que a produtividade total dos fatores da agricultura dos países sul-americanos não apresentou crescimento devido à regressão tecnológica (-0,4%), e por uma taxa

negativa do índice de mudança de eficiência técnica (-0,4%). Esse índice, por sua vez, apresentou taxa negativa em função do índice de mudança de eficiência pura (-0,4%).

Na década de 1980, a Revolução Verde chegava ao esgotamento. Os resultados encontrados para 1980-1990 evidenciam a perda de produtividade agrícola em função da regressão tecnológica combinada à eficiência técnica estagnada, tanto por insuficiência das técnicas, então inseridas quanto pelo mau uso daqueles que o foram. Logo, essa tentativa modernizante não teve resultados consonantes, na América do Sul, com

a sua justificativa: incrementar os níveis de produtividade agrícola de países em desenvolvimento com fins ao abastecimento alimentar e ganhos comerciais.

O setor agrícola do Brasil, do Equador, da Guiana, do Paraguai, do Peru, do Suriname e da Venezuela aufferiu posições em relação à eficiência técnica de 1991 a 2002 (tabela 4), em função dos ganhos de eficiência pura e de escala. A agricultura da Argentina, da Bolívia, da Colômbia e do Paraguai não perdeu, não apresentou ganhos de eficiência técnica, dado que não houve variação eficiente de escala e de eficiência pura.

Tabela 4 - Valores médios de variação de eficiência técnica, tecnológica e na produtividade total dos fatores nos países da América do Sul, 1991-2002.

Países	Índice Malmquist (PTF)	Mudança Técnica (TECH)	Mudança Eficiência Técnica (EFCH)	Mudança Eficiência Pura (EPCH)	Mudança Escala (EECH)
Argentina	0,956	0,956	1,000	1,000	1,000
Bolívia	1,004	1,004	1,000	1,000	1,000
Brasil	1,041	1,026	1,015	1,000	1,015
Chile	1,027	1,029	0,998	0,987	1,011
Colômbia	1,026	1,026	1,000	1,000	1,000
Equador	1,022	1,009	1,013	0,996	1,017
Guiana	1,055	0,984	1,072	1,068	1,004
Paraguai	0,972	0,972	1,000	1,000	1,000
Peru	1,045	1,038	1,006	1,000	1,006
Suriname	0,897	0,897	1,000	1,000	1,000
Uruguai	1,011	1,031	0,981	0,988	0,993
Venezuela	1,048	1,041	1,006	1,006	1,000
América do Sul	1,034	1,026	1,008	1,000	1,008
Média Geométrica	1,010	1,002	1,008	1,003	1,004

Fonte: Resultados da pesquisa

Todavia, Chile e Uruguai não apresentaram ganhos de eficiência técnica devido à inexistência de ganhos de eficiência pura (-1,3%), no caso do Chile e no caso do Uruguai em função da inexistência tanto de ganhos de eficiência pura (-1,2%), quanto de escala (-0,7%).

Apresentaram progresso tecnológico em seu setor agrícola: Bolívia, Brasil, Chile, Colômbia, Equador, Peru, Uruguai e Venezuela, ao passo que Argentina, Guiana, Paraguai e Suriname não (tabela 4). A partir desses resultados, observa-se que houve crescimento da produtividade total dos fatores da agricultura para Bolívia, Brasil, Chile, Colômbia, Equador, Guiana, Peru, Uruguai e Venezuela, com o progresso tecnológico como indutor.

A formação do MERCOSUL, ocorrida no início da década de 1990, não levou o decréscimo de produtividade total dos fatores da agropecuária no Brasil e no Uruguai, tampouco a aumentos na Argentina e no Paraguai, que mantiveram, em termos gerais, o desempenho do subperíodo anterior, 1980 a 1990 (tabela 3).

Esses resultados em certa medida corroboram a assertiva de que a agricultura na Argentina e no Uruguai se beneficiava em detrimento dos demais países devido a questões climáticas e do solo, as quais proporciona-

vam menores custos de produção.

Portanto, de 1991 a 2002 a agricultura da América do Sul (tabela 4) volta a apresentar incrementos de produtividade com variações positivas de tecnologia e de eficiência técnica. Afinal, por meio da média geométrica se constata que a produtividade total dos fatores apresentou incremento a uma taxa de 1%, influenciada por taxas positivas de eficiência técnica (0,8%) e variação tecnológica (0,2%), sendo que mudança de eficiência pura (0,3%) e mudança de escala (0,4%) foram fontes da taxa positiva do índice de eficiência técnica. Portanto, houve desempenho melhor da produtividade total dos fatores agrícola, nesse subperíodo, comparativamente ao primeiro, 1980 a 1990.

Rao e Coelli (1998) utilizaram índice Malmquist ponderado, porém com funções estimadas também por meio técnicas não paramétricas, concluíram que no período de 1980 a 2000 a América do Sul apresentou a menor taxa de crescimento de produtividade total dos fatores do período dentre os continentes. Esses autores refutam a conclusão do estudo de Fulginiti e Perrin (1997), qual seja a da existência de regressão tecnológica nos países em desenvolvimento, por outra que evidencia a regres-

são tecnológica global e não restrita a países em desenvolvimento, além do predomínio do efeito *catch-up* como determinante do incremento da produtividade.

Os resultados para a União Européia começam a ser apresentados a partir da tabela 5, referentes a 1980 a 2002. Apresentaram deslocamentos em direção à fronteira de produção, diga-se, efeito *catching-up*: Alemanha (+0,1%), Dinamarca (+0,7%), Finlândia (+0,1%), França

(+1,6%), Itália (+0,3%), Portugal (+0,9%) e Reino Unido (+1,1%), para os quais os sub-índices mudança de escala e mudança de eficiência pura foram explicativos apenas para Portugal (+2% e 7%, respectivamente), mudança de escala levou a ganhos de eficiência para França (+1,6%), Itália (+0,7%) e Reino Unido (1,1%). Enquanto Áustria, Benelux, Irlanda e Suécia permaneceram com eficiência técnica igual a um.

Tabela 5 - Valores médios de variação de eficiência técnica, tecnológica e na produtividade total dos fatores nos países da União Européia, 1980 a 2002.

Países	Índice Malmquist (PTF)	Mudança Técnica (TECH)	Mudança Eficiência Técnica EFCH	Mudança Eficiência Pura (EPCH)	Mudança Escala (EECH)
Alemanha	1,014	1,012	1,001	1,001	1,000
Áustria	1,016	1,016	1,000	1,000	1,000
Benelux	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Dinamarca	1,042	1,034	1,007	1,011	0,996
Espanha	0,987	1,005	0,982	0,988	0,994
Finlândia	1,012	1,003	1,010	1,014	0,995
França	1,047	1,030	1,016	1,000	1,016
Grécia	0,984	1,012	0,973	0,967	1,006
Irlanda	1,009	1,009	1,000	1,000	1,000
Itália	1,017	1,014	1,003	0,996	1,007
Holanda	1,006	1,011	0,995	0,998	0,997
Portugal	1,022	1,012	1,009	1,007	1,002
Reino Unido	1,001	0,990	1,011	1,000	1,011
Suécia	1,017	1,017	1,000	1,000	1,000
União Européia	1,012	1,012	1,000	1,000	1,000
Média Geométrica	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Fonte: Resultados da pesquisa

Desse modo, apenas Espanha (-1,8%), Grécia (-2,7%) e Holanda (-0,5%) não apresentaram ganhos de eficiência técnica, sendo que a agricultura da Espanha e da Holanda não obteve ganhos de eficiência devido à mudança de eficiência pura (-1,2% e -0,3%, respectivamente) e à mudança de escala (-0,6% e -0,3%, respectivamente), ao mesmo tempo em que para Grécia mudança de eficiência pura (-3,3%) foi o determinante para tal desempenho.

Com exceção do Reino Unido, todos os países apresentaram variação tecnológica positiva. Assim, houve ganhos de produtividade total dos fatores da agricultura, mensurada por meio do índice de Malmquist, na Alemanha (+1,4%), na Áustria (+1,6%), na Dinamarca (+4,2%), na Finlândia (+1,2%), na França (+4,7%), na Irlanda (+0,9%), na Itália (+1,7%), em Portugal (+2,2%) e na Suécia (+1,7%) devido à ocorrência de progresso tecnológico e efeito *catching-up*. Por outro lado, no setor agrícola da Espanha (-1,3%) e da Grécia (-1,6%) não houve crescimento da produtividade total dos fatores da agricultura explicado pela inexistência de ganhos de eficiência técnica.

O comportamento da produtividade agrícola nos quinze países da União Européia, de 1980 a 2002 (ta-

abela 5), bem como a posição dos países na fronteira de produção e a distância desses em relação a ela apresentaram valores iguais ou inferiores a um, de um modo geral. A média geométrica indicou que todos os índices com posição na fronteira e sem deslocamentos sobre ela, logo, não houve variação de eficiência técnica, tecnológica e, por conseguinte, a produtividade total dos fatores foi igual à unidade.

De 1980 a 2002, a posição da agricultura dos quinze países da União Européia na fronteira de produção e a distância desses em relação a ela apresentou valores iguais ou inferiores a um, de um modo geral. Portanto, sob a perspectiva do índice Malmquist, o elevado montante de subsídios aos agricultores, determinado pela PAC, não signifique ganhos de eficiência pela agricultura, embora o fluxo comercial agrícola seja significativamente ascendente entre os países desse bloco, distorcendo a função do comércio internacional como indutor do desenvolvimento econômico, especialmente por meio da utilização eficiente dos recursos produtivos.

Contudo, a segurança alimentar e alcançar a coesão social e econômica no bloco, especialmente entre os trabalhadores rurais (PERALES, 1994) têm sido objetivos/justificativas primordiais, destarte os próprios

fundamentos intrínsecos da mesma (Tratado de Roma, 1958), quais sejam: aumento de produtividade, melhora na qualidade de vida, maior segurança alimentar.

De 1980 a 1990 (tabela 6) o desempenho agrícola desses países apresentou a mesma tendência para a produtividade total dos fatores e suas fontes, comparativamente a 1980 a 2002. Na Espanha a inexistência de mudança de eficiência pura (-1,5%) e mudança de escala (-0,1%), enquanto Itália, Portugal e Grécia devido à inexistência de mudança de eficiência pura (-2,3%; -2,9% e -8,3%, respectivamente).

Alcançaram progresso tecnológico (tabela 6): Alemanha (+1,2%), Áustria (+3,6%), Benelux (+1,3%), Espanha (+1%), Finlândia (+1,6%), Grécia (+0,8%), Holanda (+3,9%), Irlanda (+0,4%), Itália (+2,4%), Reino Unido (+1%), Portugal (+1,5%) e Suécia (+0,4%). Contudo, somente a agricultura francesa não experimentou progresso tecnológico e a Dinamarca não tenha apresentado deslocamentos da fronteira tecnológica para a agricultura.

Não apresentaram crescimento da produtividade total dos fatores: Espanha (-0,7%), França (-0,1%), Grécia (-4,1%) e Portugal (-1,9%), sendo que Espanha, Grécia e Portugal não o apresentaram devido à inexistência de eficiência técnica, ao passo que França não o apresentou devido ao índice de mudança técnica ter apresentado valor inferior a um.

Por outro lado, há relativa convergência da produtividade total dos fatores dentre os países da União Européia, de 1980 a 1990, haja vista que não houve valores muito distantes de um, tanto para mais, quanto para menos. Tal padrão de desempenho não ocorreu para América do Sul na mesma delimitação temporal (tabela 3), sendo que os valores dos índices desse continente tenham sido menores relativamente à União Européia.

Portanto, a União Européia apresentou taxa, média geométrica, negativa de crescimento da produtividade

total dos fatores de -1,6%, dado que não houve progresso tecnológico capaz de superar a perda de eficiência técnica da agricultura desse bloco econômico. Assim como na América do Sul (tabela 3), o sub-índice mudança de eficiência pura explicou a não ocorrência de mudança na eficiência técnica na agricultura dos países da União Européia.

Destaca-se a agricultura francesa, que não experimentou incrementos de produtividade total dos fatores de 1980 a 1990 devido à ocorrência de regressão tecnológica, sendo esse país o principal indutor da criação e da manutenção da Política Agrícola Comum.

De 1991 a 2002 (tabela 7) observa-se o comportamento similar desses índices, relativamente ao subperíodo anterior (tabela 7), haja vista que Espanha (-3,1%), Grécia (-1,3%), Itália (-0,8%) não apresentaram ganhos de eficiência técnica devido à inexistência de mudança de escala (-4,3%; -3,1%; -0,8%).

Em termos de progresso tecnológico, apenas Reino Unido (-3,9%) e Suécia (-1,2%) não apresentaram. Assim, houve crescimento do índice Malmquist de produtividade total dos fatores para todos os países exceto para Grécia (-0,3%) e Reino Unido (-0,6%) devido à inexistência de *catching-up* e de progresso tecnológico, respectivamente. Os demais países, logo, experimentaram ganhos de produtividade total dos fatores para agricultura, devido principalmente ao predomínio do componente progresso tecnológico sobre mudança de eficiência técnica.

Nesse período, em que a União Européia consolida sua integração econômica, por meio da adoção da moeda comum, especialmente, o MERCOSUL surge como um bloco econômico e as negociações para redução de subsídios agrícolas dos países desenvolvidos ganham mais força em reuniões da OMC, observa-se que o desempenho da agricultura nos países da União Européia permaneceu com a tendência do período

Tabela 6 - Valores médios de variação de eficiência técnica, tecnológica e na produtividade total dos fatores nos países da União Européia, 1980-1990.

Países	Índice Malmquist (PTF)	Mudança Técnica (TECH)	Mudança Eficiência Técnica (EFCH)	Mudança Eficiência Pura (EPCH)	Mudança Escala (EECH)
Alemanha	1,027	1,012	1,015	1,000	1,015
Áustria	1,036	1,036	1,000	1,000	1,000
Benelux	1,013	1,013	1,000	1,000	1,000
Dinamarca	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Espanha	0,993	1,010	0,984	0,985	0,999
Finlândia	1,033	1,016	1,016	1,018	0,998
França	0,999	0,999	1,000	1,000	1,000
Grécia	0,959	1,008	0,951	0,917	1,038
Holanda	1,039	1,039	1,000	1,000	1,000
Irlanda	1,004	1,004	1,000	1,000	1,000
Itália	1,002	1,024	0,978	0,977	1,001
Portugal	0,996	1,015	0,981	0,981	1,000
Reino Unido	1,010	1,010	1,000	1,000	1,000
Suécia	1,025	1,004	1,022	1,000	1,003
União Européia	1,005	1,019	0,986	1,000	0,986
Média Geométrica	0,984	1,000	0,984	0,986	0,998

Fonte: Resultados da pesquisa

Tabela 7 - Valores médios de variação de eficiência técnica, tecnológica e na produtividade total dos fatores nos países da União Européia, 1991-2002.

Países	Índice de Malmquist (PTF)	Mudança Técnica (TECH)	Mudança Eficiência Técnica (EFCH)	Mudança Eficiência Pura (EPCH)	Mudança Escala (EECH)
Alemanha	1,032	1,032	1,000	1,000	1,000
Áustria	1,018	1,018	1,000	1,000	1,000
Benelux	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Dinamarca	1,039	1,039	1,000	1,000	1,000
Espanha	1,011	1,044	0,969	1,013	0,957
Finlândia	1,036	1,029	1,008	1,017	0,990
França	1,029	1,029	1,000	1,000	1,000
Grécia	0,997	1,009	0,987	0,969	1,019
Holanda	1,032	1,032	1,000	1,000	1,000
Irlanda	1,009	1,009	1,000	1,000	1,000
Itália	1,027	1,036	0,992	1,018	0,975
Portugal	1,034	1,027	1,007	1,002	1,005
Reino Unido	0,994	0,964	1,032	1,000	1,032
Suécia	1,015	0,988	1,027	1,031	0,996
União Européia	1,018	1,026	0,993	1,000	0,993
Média Geométrica	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Fonte: Resultados da pesquisa

anterior diferentemente dos países da América do Sul, os quais apresentaram desempenho melhor, embora mais heterogêneo entre os países.

De 1991 a 2002 (tabela 7), na União Européia a produtividade total dos fatores e suas fontes voltam a apresentar valor unitário, de acordo com a média geométrica, como no período total. Dessa maneira, é possível afirmar que do primeiro subperíodo para o segundo tenha ocorrido variação positiva em 62,6% do índice de produtividade total dos fatores e de eficiência técnica, sendo o crescimento desse índice o responsável pelos ganhos de produtividade total dos fatores.

Reforça-se que tais resultados são condizentes com os encontrados pelos autores Rao e Coelli (1998), haja vista que apesar de se tratar da agricultura de países desenvolvidos, esse setor não experimentou crescimento significativo do índice de produtividade total dos fatores, bem como progresso tecnológico.

Na União Européia, além da Política Agrícola Comum, nos últimos anos os estados membros têm investido em infra-estrutura para agricultura – canais de irrigação, rodovias, portos – o que levaria à maior produtividade agrícola (MAMATZAKIS, 2003), fato que é corroborado pelos resultados apresentados no presente estudo.

A agricultura na Grécia é um bom exemplo do efeito positivo dos gastos em infra-estrutura para ganhos de produtividade: com o maior investimento em infra-estrutura ocorrido a partir dos anos 1980. A agricultura desse país passou a apresentar maior produtividade (MAMATZAKIS, 2003), embora não tenha apresentado ganhos de produtividade devido à regressão tecnológica.

Os países da América do Sul apresentaram, considerando-se 1980 a 2002 (tabela 4), índice de produtividade total dos fatores com valores entre 0,942 e 1,041, ao passo que os países da União Européia apresentaram valores entre 0,984 e 1,047, apresentando desempenho superior, portanto. Como se não bastasse, nos países da União Européia, a variação tecnológica positiva da agricultura foi a indutora do incremento de produtividade agrícola, nos países sul-americanos foi a variação positiva de eficiência técnica, portanto aproximação da fronteira eficiente de produção.

6 Considerações Finais

O presente estudo procurou analisar comparativamente a produtividade total dos fatores da agricultura da União Européia e da América do Sul, por meio do índice Malmquist de produtividade total dos fatores, o qual possibilita explicar incrementos ou não de produtividade agrícola como oriundos de progresso técnico e/ou efeito *catch-up*. A delimitação temporal adotada contempla a consolidação da PAC, os auspícios e evolução das discussões acerca do protecionismo agrícola em foros multilaterais, o esgotamento da Revolução Verde, a conformação do MERCOSUL, as transformações estruturais no comércio agrícola.

Nesse contexto, o resultado principal encontrado foi de que os países desenvolvidos estariam experimentando ganhos de tecnologia, enquanto os países em desenvolvimento estariam, de modo geral, apenas galgando pontos próximos ou sobre a fronteira de produção. Ressalta-se que a ineficiência de escala explicou a inexistência de ganhos de eficiência técnica nos países

Europeus, de modo geral. Logo o protecionismo poderia levar à alocação ineficiente de recursos entre as diferentes agriculturas do bloco.

Não obstante, os resultados corroboraram que a Revolução Verde não implicou em progresso tecnológico agrícola nos países em desenvolvimento aqui analisados. Os países em desenvolvimento não apresentam convergência na produtividade agrícola, diferentemente dos países desenvolvidos, sendo que os países sul-americanos apresentaram ganhos mais substanciais de produtividade para grãos e gado, o que pode implicar em maior competitividade no mercado internacional.

Esse resultado: progresso tecnológico em países desenvolvidos e regressão tecnológica em países em desenvolvimento estão de acordo com a formulação de Lindert (1991) de que o nível de desenvolvimento influenciaria o crescimento da produtividade total dos fatores por meio do seu efeito sobre a elaboração das políticas agrícolas nesses países. Nesse sentido, há relação positiva entre o crescimento da produtividade agrícola e o nível de desenvolvimento econômico, se o estado suplantou desenvolvimento da inovação e negativamente relacionado, se a política agrícola impedir o progresso tecnológico.

Mais do que maior nível de desenvolvimento econômico, relativamente aos países sul-americanos, a União Européia ampara sua agricultura em arcabouço institucional com prerrogativas que vão da garantia de preços mínimos, rendas e de abastecimento alimentar ao incremento da produtividade agrícola por meio, principalmente, do progresso tecnológico e técnico, o que se relaciona diretamente à suficiência alimentar, além de garantir competitividade (CHUDNOVSKY; PORTA, 1990). Logo, o progresso tecnológico apresentado pelos quinze países europeus se coaduna inclusive aos fundamentos estabelecidos por seu delineamento normativo comum: a PAC em seu artigo 39.

Referências

ALAUDDIN, M. et al. Explaining agricultural productivity levels and growth: an international perspective. Working Paper, n. 2, 2005.

BAUMOL, W.J. et al. Introduction: The Convergence of Productivity, Its Significance, and Its Varied Connotations. In: _____ et al. *Convergence of Productivity*. Oxford: Oxford University Press. 3-19. 1994.

CHARNES, W. et al. *Data envelopment analysis: theory and applications*. Boston, Kluwer Academic Publishers, 1994.

CHUDNOVSKY, D.; PORTA, F. La competitividad internacional: principales cuestiones conceptuales y metodológicas. *CEPAL*, Santiago do Chile, v.3, 1990.

COELLI, T. J.; RAO, D. S. P. Total factor productivity growth in agriculture: a malmquist index analysis of 93 Countries, 1980-2000. *Working Paper Series*, n. 2, 2003.

COYLE, W. et al. Understanding the determinants of structural change in world food markets. *American Journal of Agricultural Economics*, Ames, Iowa, v. 80, n. 5, p. 1051-1062, 1998.

EHUI, S.; DELGADO, C. Economy-Wide Impacts of technological change in the agro-food production and processing sectors in sub-saharan Africa. international food Policy Research Institute. *Markets and Structural Studies Division Discussion Paper*, n. 38, 1999.

FAO. *El estado mundial de la agricultura y la alimentación: comercio agrícola y pobreza ¿puede el comercio obrar en favor de los pobres?* Roma: FAO, 2005. 230p.

_____. *La política agrícola en el nuevo estilo de desarrollo latino-americano*. Chile: FAO, 1994. 675p.

FÄRE, R., S. et al. Productivity growth, technical progress and efficiency changes in industrialised countries. *American Economic Review*, v.84, 66-83. 1994.

FÄRE, R.G.; LOVELL, C.A.K. Measuring the technical efficiency of production. *Journal of Economic Theory*, v. 19, 1978. 150-162p.

FULGINITI, L.E.; PERRIN, R.K. LDC agriculture: nonparametric Malmquist productivity indexes. *Journal of Development Economics*, v. 53, 1997. 373-390p.

GOMES, A. P.; BAPTISTA, A. J. M. S. Análise envoltória de dados: conceitos e modelos básicos. In: SANTOS, M. L. dos; VIEIRA, W. C. (Org.). *Metódos quantitativos em economia*. Viçosa: UFV, 2004.

HULTEN, Charles R. Total factor productivity: a short biography. National Bureau of Economic Research, n. 7471, 2000.

LINDERT, P. Historical patterns of agricultural policy. In: TIMMER, C. P., *Agriculture and the state*. Cornell: Cornell University Press, 1991.

LUDENA, C.E. et al. Technological change and convergence in crops and livestock production. ANNUAL CONFERENCE ON GLOBAL ECONOMIC ANALYSIS, 8. Lübeck, Germany, 2005.

MAMATZAKIS, E.C. Public infrastructure and productivity growth in Greek agriculture. *Agricultural Economics*, v. 29, p. 169-180, 2003.

MARINHO, A. Estudo de eficiência em alguns hospitais públicos e privados com a geração de rankings. IPEA, Rio de Janeiro, n. 794, 2001.

MAXIMOVA, M. *Problemas fundamentais da integração capitalista*. Lisboa: Livros Horizonte, 1976. 399p.

PERALES, R. B. *Condicionamientos internos y externos de la PAC: elección, mantenimiento y abandono de la protección via precios*. Madri: Ministério de Agricultura Pesca y Alimentacion, 1994. 468p.

PIÑEIRO, M. et al. Relaciones de producción,

4 Há claras evidências de desigualdades na apreensão de rendas por meio das supostas garantias advindas do protecionismo agrícola europeu entre os produtores rurais, especialmente para os pequenos (PERALES, 1994).

articulación social y cambio técnico. Costa Rica: Instituto Intramericano de Cooperación Agrícola, 1983.

RAO, D.S.P.; COELLI, T.J. Catch-up and convergence in global agricultural productivity, 1980-1995, *CEPA Working Papers*, n. 4. 1998.

REBELO, J. Medição da evolução da produtividade total dos factores: o índice de Malmquist. *Gestão e Desenvolvimento*, Portugal, v. 9, 2000. 43-79p.

RODRÍGUEZ, M.J.D.; AYUSO, I.A. La contribución de las políticas de inversión em capital público y humano al crecimiento de la productividad em la UE-15. *Estudios de Economía Aplicada*, Madrid, v. 22, n. 2. 2004.

TODARO, M. P. Economía para un mundo en desarrollo: introducción a los principios, problemas y políticas para el desarrollo. México: Fondo de Cultura Económica, 1991. 654p.

Adayr da Silva Ilha*

Doutor em Economia Aplicada pela Universidade de Viçosa (UFV).
Docente da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

e-mail: <adayr@smail.ufsm.br>

Rubia Cristina Wegner

Discente da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

e-mail: <rubiaeconomia@hotmail.com>

*** Endereço para correspondência:**

Rua Professor Braga, 79 Apto 45 – CEP 97015-530 – Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil.
