

# **Eficiência técnica e produtividade de total dos fatores da agricultura dos países da América do Sul: uma análise dos países-membros e não-membros do Mercosul**

*Technical efficiency and total factor productivity of agriculture of South American countries: an analysis of the member states and non members of Mercosur*

**Gabriel Alves de Sampaio Morais<sup>1</sup>**  
**Edward Martins Costa<sup>2</sup>**  
**Jair Andrade de Araújo<sup>3</sup>**  
**Francisco José Tabosa<sup>4</sup>**  
**Rayssa Alexandre Costa<sup>5</sup>**

## **Resumo**

Este trabalho analisa a Produtividade Total dos Fatores (FTP) e a evolução da eficiência técnica dos produtos agrícolas para os países da América do Sul no período entre 1991 e 2010, coincidindo, assim, com a formação do MERCOSUL (Mercado Comum do Sul). Faz-se também uma comparação do desempenho dos países do MERCOSUL com o restante dos países sul-americanos. Para isso, estimou-se uma Fronteira de Produção Estocástica e, em seguida, calculou-se o Índice de Malmquist, que capta a decomposição da produtividade total dos fatores. Os resultados mostraram que a formação da área de livre comércio não foi suficiente para que esse grupo de países obtivesse maior desempenho em relação aos países não-membros

---

<sup>1</sup> Doutorando em Economia Aplicada (DER/UFV) - Brasil - E mail: gabriel\_morais@yahoo.com.br

<sup>2</sup> Doutor em Economia (PIMES/UFPE); Professor do Mestrado Acadêmico em Economia Rural (MAER) - Brasil - E mail: edwardcosta@ufc.br

<sup>3</sup> Doutor em Economia (CAEN/UFC); Coordenador e Professor do Mestrado Acadêmico em Economia Rural (MAER/UFC) - Brasil - E mail: jairandrade@ufc.br

<sup>4</sup> Doutor em Economia (CAEN/UFC); Professor do Mestrado Acadêmico em Economia Rural (MAER/UFC) - Brasil - E mail: franzetabosa@ufc.br

<sup>5</sup> Doutoranda em Economia Aplicada (ESALQ/USP) - Brasil - E mail: rayssacosta\_@hotmail.com

do MERCOSUL. Destaca-se, ainda, que o Brasil foi o único país a obter ganhos de produtividade (7,13%).

**Palavras-chave:** Produtividade Total dos Fatores. MERCOSUL. Índice de Malmquist.

## **Abstract**

*This paper analyzes the Total Factor Productivity (FTP) and the evolution of technical efficiency of agricultural products to the countries of South America in the period 1991 to 2010 coincided well with the formation of MERCOSUR (Southern Common Market). There is also the formation of this economic bloc contributes to that member countries have higher overall productivity levels of the factors as a result of trade liberalization, rather than with countries that are not part of the agreement. For this, we estimated the Stochastic Frontier Production and then calculated the Malmquist index, which captures the decomposition of total factor productivity. The results showed that the formation of the free trade area was not enough for this group of countries obtain higher performance for countries not members of MERCOSUR. It is noteworthy also that Brazil was the only country to achieve productivity gains, 7.13%.*

**Keywords:** Total Factor Productivity. Mercosur. Malmquist Index.

## **1 Introdução**

As primeiras ideias sobre formação de um bloco iniciaram-se na década de 1960, com discussões entre Brasil e Argentina sobre a criação de um mercado econômico regional, dando origem à ALALC (Associação Latino-Americano de Livre Comércio), passando pela Declaração de Iguazu, em 1985, até o Tratado de Integração, Cooperação e Desenvolvimento, que definiu a meta de criação do bloco que se consagraria com o Tratado de Assunção, tendo a adesão de Uruguai e Paraguai.

Segundo Carvalho (2003), no contexto da integração, em que os países se unem para obter melhores condições de barganha no mercado internacional, foi concebido o MERCOSUL, Mercado Comum do Sul, formado por Brasil, Argentina, Paraguai e Uruguai, cujo acordo foi concebido por meio do Tratado de Assunção, assinado em 26 de março de 1991. Os países-membros, podendo atuar sem barreiras, poderiam diluir ou compensar as desvantagens setoriais ou nacionais e teriam a

possibilidade de produzir mais, para um número maior de consumidores, aumentando, dessa forma, a produtividade e reduzindo o custo final dos produtos.

Os trabalhos de Young (1991), Rivera-Batiz e Romer (1991), Grossman e Helpman (1990), Lucas (1988) e Krugman (1987) mostram que a integração comercial pode ter impacto positivo sobre a produtividade dos países que fazem parte desses acordos. Carvalho (2003) ressalta que, a despeito dos efeitos estáticos, devem-se levar em conta também os ganhos dinâmicos das áreas de livre comércio regional, os quais estão ligados principalmente às transferências tecnológicas que ocorrem dentro de um ambiente de maior integração comercial.

A experiência europeia tem mostrado a existência de convergência entre os membros da área de integração comercial, de modo que a renda *per capita* e a produtividade dos países mais pobres têm crescido mais rapidamente que a dos mais ricos. Irlanda, Espanha e Portugal têm feito um substancial progresso em reduzir sua distância em relação aos membros mais ricos da União Europeia (VENABLES, 1999).

De uma maneira geral, os efeitos da formação de áreas de livre comércio sobre a atividade econômica não são conclusivos. No entanto, quando se analisa acordos regionais entre países em desenvolvimento, a exemplo do Mercado Comum do Leste Africano, Mercado Comum da América Central ou Comunidade Econômica do Oeste da África, a evidência tem sido de divergência na performance econômica dos países-membros desses acordos (VENABLES, 1999).

Diante da possibilidade de ganhos ou perdas de produtividade, em virtude dos processos de integração comercial, surge o seguinte problema de pesquisa: a abertura comercial proporcionada pelo MERCOSUL faz com que os países-membros desse acordo apresentem maiores ganhos de produtividade total dos fatores da agricultura em relação aos países sul-americanos não-membros do acordo?

Dessa forma, este artigo tem como objetivo calcular a produtividade total dos fatores utilizados na agricultura dos países sul-americanos

após a formação do MERCOSUL (1991), buscando averiguar se os países-membros do acordo obtiveram maiores ganhos de produtividade total dos fatores utilizados na agricultura em comparação aos países não-membros do acordo, com base na metodologia de Fronteira de Produção Estocástica e no Índice de Malmquist.

Nesse sentido, a contribuição deste trabalho para a literatura se apresenta, principalmente, por mensurar a evolução da eficiência técnica, na variação tecnológica e na produtividade total dos fatores de produção, podendo comparar o desempenho do MERCOSUL com o restante dos países sul-americanos, indicando, assim, se há possíveis vantagens de ganhos de produtividade dos países em desenvolvimento ao se unirem em blocos econômicos.

## **2 O Mercado Comum do Sul - MERCOSUL**

O MERCOSUL abrange uma área de 11,9 milhões de quilômetros quadrados – equivalendo a aproximadamente 9% da superfície ocupada por todos os países do mundo. O território brasileiro é três vezes maior que o argentino. As populações brasileira (159 milhões em 1995 e 200 milhões em 2014) e argentina (33,9 milhões em 1995) representam 96% da população do MERCOSUL. Somadas, as populações paraguaia e uruguaia representam apenas 4% desse total.

Entre os acordos estabelecidos entre os países-membros, está a livre circulação de bens e serviços, além do estabelecimento de uma Tarifa Externa Comum (TEC), que consiste na padronização de preços dos produtos dos países para a exportação e para o comércio externo.

Estruturado a partir dos modelos existentes de mercados regionais, o MERCOSUL caracteriza-se por ampliar e melhorar o ciclo de exportações entre os seus países-membros, o que vem ocorrendo nos últimos anos. Antes da criação do bloco, os vizinhos sul-americanos não eram grandes parceiros econômicos, mas atualmente essas relações já se alteraram, apesar de alguns percalços que inviabiliza a credibilidade institucional do bloco.

A propósito, a economia brasileira é, de longe, a mais importante do grupo. O PIB do país, por exemplo, representa mais de 55% do valor total do bloco. Além disso, a população brasileira representa quase a metade dos habitantes dos países-membros, tornando o país um mercado consumidor em potencial.

Na prática, não foi possível atingir as metas do Tratado. Pelo contrário, houve até momentos de sérias dúvidas sobre a continuidade do bloco e, a despeito do empenho das autoridades, inclusive no sentido de ampliar o número de países envolvidos, a realidade teima em colocar obstáculos ao avanço da integração. A crise econômica mundial em 2008, iniciada nos EUA, veio somar dificuldades ao processo (CARVALHO; SILVA, 2009).

Destaca-se que os dois parceiros mais importantes no bloco, Argentina e Brasil, foram também os que mais contribuíram para as descontinuidades na política de integração, até porque os dois menores, em conjunto, não chegam a representar 5% do PIB ou da população do bloco. Também são pouco representativos no comércio exterior: em conjunto, sua participação média não alcançou 4% do valor das exportações totais do MERCOSUL nem 7% das importações entre 1994 e 2007.

Conforme o relatório intercalar da Avaliação do Impacto de Sustentabilidade (AIS) das negociações MERCOSUL (2007), um dos setores fundamentais para a economia do MERCOSUL é o agrícola, que se caracteriza por uma agricultura comercial bastante competitiva e moderna, funcionando ao lado de explorações familiares tradicionais e de agricultores sem terra. Esse setor destaca-se por ser uma grande fonte de empregos diretos e indiretos nos países pertencentes ao bloco econômico. Dentre os países que compõem o MERCOSUL, destacam-se Argentina e Brasil, configurando um papel importante na produção agrícola mundial tanto de produtos vegetais como animais.

Campos (1995) destaca que as economias agrícolas da região do MERCOSUL tem como características estruturais a versatilidade, bem como a capacidade de adaptação a mudanças nos mercados e

a introdução de novos produtos, que contribuem para que os países sobrevivam à competitividade agroexportadora internacional, a qual muitas vezes é desleal, com muitos países adotando a prática do *dumping* comercial via subsídios e políticas protecionistas. Essa prática é configurada quando empresas de um país vendem seus produtos a um valor inferior àquele que pratica, com o intuito de eliminar a concorrência e aumentar a parcela de mercado.

Ainda de acordo com o autor, em 1992, algumas práticas protecionistas foram adotadas no Brasil com o intuito de controlar os danos causados pelas importações subsidiadas de produtos agrícolas, a exemplo dos direitos compensatórios provisórios, que foram aplicados sobre o leite em pó advindo da União Europeia.

Carvalho e Marinho (2003) ressaltam que a intervenção do Governo no processo de modernização da agricultura, após a formação do MERCOSUL, foi ainda maior e mais visível nos países que fazem parte do bloco econômico, no qual foram adotadas políticas de crédito subsidiado (caso da Argentina e Brasil), incentivo fiscais, políticas de preços mínimos e incentivos à industrialização. Com a adoção do pacote tecnológico da “Revolução Verde”, a partir da década de 1960, o processo de modernização do setor agrícola avançou rapidamente na América do Sul (MONTROYA, 2002).

O processo de modernização na América do Sul foi essencial para os ganhos de produtividade, por meio da introdução de novos fatores de produção, a exemplo de adubos químicos e maquinaria agrícola (MONTROYA, 2002).

Dentre os estudos que tratam de produtividade, pode-se destacar o trabalho de Carvalho e Marinho (2003), que analisou as transformações estruturais, a evolução da eficiência técnica e produtividade total dos fatores nos países da América do Sul, separando-os entre países-membros e não-membros do MERCOSUL. Para tal, os autores utilizaram dados do sistema AGROSTAT, da Divisão de Estatísticas da FAO para o período de 1970 a 2000 e o método de programação linear *Data Envelopment Analysis* (DEA), como também o Índice de Malmquist.

Como resultados, foram observados aumentos significativos no valor da produção e mudanças na utilização de mão de obra, área cultivada, número de tratores, área irrigada e quantidade utilizada de fertilizantes. Também foi possível observar perdas de eficiência técnica, em média, entre os países e acréscimos na produtividade total dos fatores, em grande parte, devido a variações tecnológicas e, em menor parte, em virtude das variações de eficiência técnica.

### 3 Metodologia

#### 3.1 Base de dados

Os dados utilizados neste artigo foram retirados do banco de dados do sistema AGROSTAT da Divisão de Estatísticas da FAO e da PWT World 6.1, referentes aos países da América do Sul (exceto a Guiana Francesa, pois este país é considerado território marítimo da França), para o período compreendido entre os anos de 1991 a 2010, de onde foram selecionadas as seguintes variáveis:

- a) **Valor da Produção Agrícola:** é a soma do valor da produção das principais *commodities* agrícolas. O valor está mensurado a preços globais médios do período entre 2004 e 2006, ajustados para o ano de 2005 a preços internacionais em milhares de dólares (US\$ 1,000). Essa medição da produção está indexada pelo Índice de Paasche, em que as quantidades anuais variam e os preços do fim do período são fixos.
- b) **Trabalho:** informa o número de adultos economicamente ativos na agricultura.
- c) **Terra:** é a soma de terras de cultivo de sequeiro, terras agrícolas irrigadas e pastagens permanentes.
- d) **Capital:** representa a soma do estoque físico total de animais e de máquinas agrícolas (em número de tratores) utilizados na produção.

Na equação de ineficiência técnica, as variáveis que integram o vetor foram modeladas utilizando as seguintes informações:

- a) o gasto com o consumo do governo em relação ao produto interno de cada país;
- b) o tempo, representando a tendência.

### **3.2 Eficiência técnica e produtividade**

Os estudos sobre produtividade têm se desenvolvido em ritmo intenso desde os anos 1950, em resposta ao reconhecimento da importância dessa área, tendo sua orientação voltada, basicamente, para a medida e interpretação da produtividade total dos fatores (PTF), expressa pela razão entre um índice de produto e um índice composto de todos os fatores de produção utilizados no processo produtivo.

Dois abordagens metodológicas distintas têm sido consideradas na fundamentação desses estudos. Uma das abordagens utiliza o instrumental teórico de Solow-Swan (1956) e Solow (1957), que se baseia no conhecimento da contabilidade do crescimento. Na outra mão, encontram-se as contribuições relacionadas ao trabalho de Farrell (1957), que, a partir do nível microeconômico, incorporou novos conceitos de eficiência e produtividade.

A diferença básica entre as duas linhas metodológicas supracitadas reside essencialmente na suposição sobre a eficiência de produção, sendo esta considerada tanto pela ótica técnica quanto pela ótica alocativa. Enquanto na abordagem da contabilidade do crescimento admite-se eficiência técnica na produção, nos trabalhos fundamentados em Farrell (1957) considera-se a possibilidade de ocorrência de ineficiências no processo produtivo.

Os estudos de Farrel (1957) sobre eficiência em economia se concentraram na medição da eficiência em função da utilização dos insumos. Podem-se examinar as fontes de crescimento da produtividade ao longo do tempo e as diferenças de produtividade entre países e regiões.

O crescimento da produtividade pode ser definido como a mudança líquida no produto devido às mudanças na eficiência e mudanças tecnológicas, em que a primeira é a variação do produto observado em relação à sua fronteira, e a segunda representa o deslocamento da fronteira de produção (TUPY; YAMAGUCHI, 1998).

Rivera-Batiz e Romer (1991) afirmam que nem todos os produtores são tecnicamente eficientes, ou seja, nem todos os produtores conseguem utilizar a quantidade mínima de insumos requerida para produzir a quantidade de produto desejada, dada a tecnologia disponível.

Tanto a eficiência quanto a produtividade são indicadores de sucesso, medidas de desempenho, por meio das quais as unidades produtivas são avaliadas. Por sua vez, esse desempenho é função de dois fatores: do estado da tecnologia e do grau de eficiência do seu uso. A tecnologia define a relação de fronteira entre os insumos e os produtos, enquanto a eficiência incorpora os desperdícios e a má alocação de recursos relacionados a essa fronteira (CARVALHO et al., 2009).

Quando se observa um aumento de produtividade da unidade produtiva entre dois períodos de tempo, ele pode ser atribuído às variações tecnológicas, ganhos de eficiência, exploração das economias de escala ou combinação de todos esses fatores. Portanto, entende-se por variações na eficiência técnica a alteração na distância do produto observado em relação à sua fronteira. Na outra mão, as variações tecnológicas envolvem avanços na tecnologia, podendo ser representadas por um deslocamento para cima na fronteira de produção.

### **3.3 Modelo de fronteira estocástica**

Diferentemente do método não paramétrico, como o DEA, que assume uma fronteira determinística, a abordagem de fronteira estocástica permite que desvios da fronteira representem ambos, ineficiência e um ruído estatístico inevitável, com o intuito de ser uma abordagem mais próxima da realidade, dado que as observações normalmente envolvem erros aleatórios.

Coelli et al. (1998) definem a função de produção de uma unidade de produção  $i$  no período  $t$  como:

$$y_{it} = \exp(x_{it}\beta + v_{it} - u_{it}) \quad (1)$$

Essa função de produção pode ser rearranjada das seguintes formas:

$$y_{it} = \exp(x_{it}\beta + v_{it}) \exp(-u_{it}) \quad (2)$$

$$\ln y_{it} = x_{it}\beta + v_{it} - u_{it} \quad (3)$$

Em que:

$y_{it}$  é o vetor de quantidades produzidas (*outputs*);

$x_{it}$  é o vetor de insumos (*inputs*) utilizados na produção;

$\beta_{it}$  é o vetor de coeficientes a serem estimados (parâmetros);

Os termos  $v_{it}$  e  $u_{it}$  são vetores que representam componentes distintos do erro. O primeiro refere-se à parte aleatória do erro, com distribuição normal, independente e identicamente distribuída, truncada em zero e com variância constante  $\sigma^2$  ( $v \sim \text{iid } N(0, \sigma_v^2)$ ), enquanto o segundo termo representa a ineficiência técnica, ou seja, a parte que constitui um desvio para baixo em relação à fronteira de produção, o que pode ser inferido pelo sinal negativo e pela restrição  $\mu \geq 0$ . São variáveis aleatórias não negativas, com distribuição normal truncada em zero, independentemente distribuída (não identicamente), com média  $\mu_{it}$  e variância constante  $\sigma_u^2$ , ou seja, ( $u \sim \text{NT}(\mu, \sigma_u^2)$ ). Os componentes de erro são independentes entre si e  $x_{it}$  é suposto ser exógeno, portanto, o modelo pode ser estimado pela técnica de máxima verossimilhança. (ARAÚJO; FEITOSA; SILVA, 2014)

A função de máxima verossimilhança foi reparametrizada em termos do parâmetro  $\gamma = \sigma_u / (\sigma_u + \sigma_v)$ , de modo que os efeitos da ineficiência técnica do modelo podem ser verificados por meio de testes estatísticos. Se  $\gamma$  é considerado estatisticamente igual a zero, não há influência da ineficiência técnica no modelo, podendo-se então aplicar mínimos quadrados ordinários para efeito de estimação dos parâmetros. Quanto

mais próximo  $\gamma$  estiver de um, maior é a importância da ineficiência técnica no modelo.

### 3.4 Testes de Hipóteses

Alguns testes de hipóteses concernentes à estimação da fronteira estocástica são relevantes, dado que a estimação se apoia na abordagem estatística (econométrica). Como foi descrito em seções anteriores, a estimação paramétrica da fronteira exige que a função de produção assuma uma forma funcional, que pode ser determinada por meio do Teste da Razão de Verossimilhança Generalizado.

O primeiro teste a ser realizado é o Teste de Funcionalidade, a fim de identificar qual a melhor forma funcional a ser usada no modelo. Esse procedimento é bem definido nos trabalhos recentes de Araújo et al. (2014) e Feitosa (2009). Nesse teste, assume-se a hipótese nula de que a Cobb-Douglas é a forma funcional mais adequada para representação dos dados, dada as especificações da Função Translog. Após estimação dos dois modelos supracitados, verificam-se os respectivos valores de log-verossimilhança (LL), e a partir do valor da estatística da Verossimilhança Generalizada (LR), aplica-se seguinte o teste de hipótese:  $H_0$ : Cobb-Douglas;  $H_1$ : Translog.

Assim, o Teste da Razão de Verossimilhança Generalizado (RL) é determinado como se segue:

$$LR = -2 [\ln LL(H_0) - \ln LL(H_1)]. \quad (4)$$

O  $LL()$  refere-se ao valor do *log-likelihood* da estimação pela Cobb-Douglas, e o  $LL$  (refere-se ao valor do *log-likelihood* da estimação da fronteira pela função Translog. Se LR for maior que o valor tabelado da Tabela de Kodde e Palm (1986), rejeita-se  $H_0$ , e sendo o valor de LR menor que o valor crítico da estatística da tabela de Kodde e Palm (1986), não rejeita  $H_0$  e assume então que a forma funcional do tipo Cobb-Douglas se adéqua mais ao modelo em questão (FERREIRA; ARAÚJO, 2013).

Após a escolha da forma funcional, pode-se realizar o mesmo teste para verificar a ausência de progresso técnico. Nesse caso, considera-

se que os coeficientes correspondentes às variáveis relacionadas ao tempo (tendência), na função de produção escolhida (Cobb-Douglas ou Translog), são iguais a zero ou não; ou seja, caso a Cobb-Douglas seja aceita, testa-se a hipótese nula de que o coeficiente referente ao tempo é igual a zero, caracterizando a função sem a influência do progresso tecnológico, contra a hipótese alternativa da função sendo estimada considerando a influência do termo tendência (tempo). As hipóteses são:

$H_0$ : Coeficientes Relacionados ao Tempo = 0

$H_1$ : Função (Cobb-Douglas ou Translog) Completa

Se o valor de LR exceder o valor crítico da tabela de Kodde e Palm (1986), rejeita-se e assume-se a influência do progresso técnico na função.

De acordo com os trabalhos de Araujo et al. (2014) sobre a produtividade total dos fatores e sua decomposição na América Latina, testa-se a inexistência da ineficiência técnica no modelo, ou seja, se de fato as variáveis consideradas como ineficiência são relativas ao modelo. Assim, para esse caso, obtém-se o valor do *log-likelihood* do modelo estimado sem considerar essas variáveis tidas como ineficiência, e novamente aplica-se o Teste de Razão de Verossimilhança Generalizada, comparando-se ao valor crítico da tabela de Kodde e Palm (1986).

Vale salientar aqui que os graus de liberdade são correspondentes às variáveis de ineficiência, ou seja, quantas forem as variáveis de ineficiência, tanto serão os graus de liberdade a ser considerado. As hipóteses são:

$H_0$ : não existe ineficiência técnica;

$H_1$ : deve-se considerar a ineficiência técnica no modelo.

Novamente, usando o Teste da Razão de Verossimilhança Generalizada, obtém-se o valor de LR e este supera o valor crítico da tabela de Kodde e Palm (1986), rejeita  $H_0$  e assume a existência da ineficiência técnica no modelo em questão.

### 3.5 Eficiência produtiva – O Índice de MALMQUIST

O Índice de Malmquist, formulado por 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.

A metodologia de análise foi descrita em Coelli et al. (1998) para obter a estimação de variação na Produtividade Total de Fatores (PTF) e decompô-la em seus componentes de mudança – mudança técnica e eficiência técnica.

Coelli et al. (1998) propuseram a mensuração do crescimento da Produtividade Total de Fatores, sendo a soma da variação no componente eficiência e a variação no componente técnico. A tecnologia de produção, para um dado período  $t$ , pode ser definida usando o conjunto de produção,  $P(x_t)$ , o qual representa todo vetor de produtos,  $q_t$ , que podem ser produzidos usando um vetor de insumos  $x_t$ :

$$P(x_t) = \{q_t: x_t \text{ pode produzir } q_t\} \quad (5)$$

Considera-se a função distância produto-orientado. Segundo Coelli et al. (1998), a função distância do produto é definido no conjunto de produção  $P(x)$  como:

$$d_0(x, q) = \inf\{\delta: (q|\delta) \in P(x)\} \quad (6)$$

A função distância terá um valor menor ou igual a 1 se o vetor de produto  $q$  for um elemento do conjunto de produção factível,  $P(x)$ . Além disso, a função distância assumirá o valor um se  $q$  estiver localizado sobre a fronteira do conjunto de produção factível, e assumirá valor maior que 1 se  $q$  estiver fora do conjunto de produção factível.

O valor da função distância orientada pelo produto, para um país que utiliza o nível de insumo  $x$  no período  $t$  para produzir o produto  $q_t$ , corresponde à razão entre a distância do produto  $q_t$  do  $i$ -ésimo país e a fronteira de possibilidades de produção, e pode ser representado da seguinte maneira:

$$d_0^t(x_t, q_t) = q_t / F(x_t) \quad (7)$$

no qual

$$F(x_t) = \max\{q_t: (x_t, q_t) \in P(x)\} \quad (8)$$

Em que  $F(x_t)$  representa a produção máxima que pode ser obtida, dada a tecnologia e o nível de insumo.

O Índice de Malmquist é definido pelo conceito de funções distâncias, as quais permitem descrever uma tecnologia de produção sem especificar uma função objetivo comportamental. Essas funções distâncias podem ser definidas e orientadas pelo insumo ou orientada pelo produto. Já o índice de Produtividade Total de Fatores (PTF) de Malmquist mede a mudança na PTF entre dois períodos, **calculando a razão da distância** de cada período em relação a uma tecnologia comum. Se a tecnologia do período  $t$  é usada como referência, o índice de mudança de PTF de Malmquist (Produto-orientado) entre o período  $s$  e período  $t$  pode ser escrito da seguinte forma (COELLI et al., 1998):

$$m_0^t(q_s, x_s, q_t, x_t) = \frac{d_0^t(q_t, x_t)}{d_0^t(q_s, x_s)} \quad (9)$$

Se a tecnologia do período  $s$  for usado como referência, esse índice é definido como:

$$m_0^s(q_s, x_s, q_t, x_t) = \frac{d_0^s(q_t, x_t)}{d_0^s(q_s, x_s)} \quad (10)$$

em que:

$d_0^t(q_t, x_t)$  é a função distância orientada pelo produto no período  $t$  e

$d_0^t(q_s, x_s)$  é a função distância orientada pelo produto no período  $s$ .

Um valor de  $m_0$  maior que 1 indica aumento de PTF de período  $s$  para período  $t$ , e um valor de  $m_0$  menor que 1 mostra declínio na PTF entre os dois períodos. Esses dois índices são equivalentes somente se a tecnologia é Hicks neutro, isto é, se a função distância do produto pode ser representada como sendo

$$d_0^t(q_t, x_t) = A_t d_0(q_t, x_t) \quad (11)$$

para todo  $t$ . Para evitar a imposição dessa restrição e a escolha arbitrária de uma ou outra forma de expressão do índice, o índice de PTF

de Malmquist é frequentemente definido com uma média geométrica desses dois índices (COELLI et al., 1998).

$$m_0(q_s, x_s, q_t, x_t) = \left[ \frac{d_0^s(q_t, x_t)}{d_0^s(q_s, x_s)} \times \frac{d_0^t(q_t, x_t)}{d_0^t(q_s, x_s)} \right]^{1/2} \quad (12)$$

A função distância nesse índice de produtividade pode ser rearranjada para mostrar que é equivalente ao produto de índice de variação da eficiência técnica e o índice de mudança técnica (ou mudança tecnológica).

$$m_0(q_s, x_s, q_t, x_t) = \frac{d_0^t(q_t, x_t)}{d_0^s(q_s, x_s)} \left[ \frac{d_0^s(q_t, x_t)}{d_0^s(q_s, x_s)} \times \frac{d_0^t(q_t, x_t)}{d_0^t(q_s, x_s)} \right]^{1/2} \quad (13)$$

sendo:

$$\text{Variação da eficiência técnica} = \frac{d_0^t(q_t, x_t)}{d_0^s(q_s, x_s)}$$

$$\text{Variação tecnológica} = \left[ \frac{d_0^s(q_t, x_t)}{d_0^s(q_s, x_s)} \times \frac{d_0^t(q_t, x_t)}{d_0^t(q_s, x_s)} \right]^{1/2}$$

Isso mostra que o índice de produtividade total de Malmquist pode ser decomposto nos índices de variação de eficiência técnica e variação técnica, assim, pode-se identificar qual desses dois índices apresenta maior influência sobre a variação da produtividade total dos fatores.

## 4 Estimação e Análise dos Resultados

Nesta seção, é apresentada a estimação da fronteira estocástica, seguida dos testes de hipóteses relativas à estimação e às análises desses testes. Em seguida, é apresentada a decomposição da produtividade total dos fatores em variações na eficiência técnica e variações tecnológicas por meio do Índice de Malmquist.

### 4.1 Estimação da Fronteira

Na Tabela 1, é apresentada a estimação da fronteira na forma funcional Translog sem progresso técnico. A escolha da equação segue

o Teste da Razão de Verossimilhança Generalizado (LR), o qual rejeitou a hipótese nula de que a Cobb-Douglas seria a melhor forma funcional. Utilizando dados em painel para uma amostra de doze países sul-americanos, a forma funcional da fronteira estocástica foi determinada pelo teste de adequação de uma fronteira Cobb-Douglas confrontada à forma menos restritiva expressa pela função Translog, sendo especificada na forma:

$$\ln Y_{it} = \alpha_{it} + \beta_1 (\ln K_{it}) + \beta_2 (\ln L_{it}) + \beta_3 (\ln A_{it}) + \beta_4 \left(\frac{1}{2} \ln^2 K_{it}\right) + \beta_5 \left(\frac{1}{2} \ln^2 L_{it}\right) + \beta_6 \left(\frac{1}{2} \ln^2 A_{it}\right) + \beta_7 (\ln K_{it} \ln L_{it}) + \beta_8 (\ln K_{it} \ln A_{it}) + \beta_9 (\ln L_{it} \ln A_{it}) + v_{it} - u_{it} \quad (14)$$

As variáveis Y, K, L e A na função de produção representam, respectivamente, o valor da produção, o capital, a mão de obra e a terra destinada à agricultura.

A equação de ineficiência técnica de produção é modelada, segundo Battese e Coelli (1995) como:

$$u_{it} = z_{it} \delta + w_{it} \quad (15)$$

em que:

$z_{it}$  = é um vetor de variáveis explicativas da ineficiência técnica da  $i$ -ésima unidade produtiva (país) e medida no tempo  $t$ ;

$\delta$  = é um vetor de parâmetros desconhecidos associados às variáveis  $z_{it}$ ;

$w_{it}$  = é uma variável aleatória com distribuição normal com média 0 e variância  $\sigma^2$ .

Deve-se notar que, como se supõe que  $\mu_{it}$  tem distribuição normal truncada em zero, sua média corresponde a  $w_{it} = z_{it} \delta$ .

A escolha das variáveis que integram o vetor  $z_{it}$ , resultou do interesse em se verificar os efeitos de uma variável macroeconômica e o tempo sobre a ineficiência técnica, sendo estas especificadas respectivamente por  $z_{1t}$  e  $z_{2t}$ .

Primeiramente, foi realizado o teste da forma funcional, o qual apontou pelo teste de verossimilhança que a forma mais adequada foi a

do tipo Translog. O valor da estatística ( $LR = 116,3638$ ) excedeu o valor crítico da tabela de Kodde e Palm (1986), significando que dever-se-ia rejeitar a hipótese nula de que a Cobb-Douglas é mais adequada à representação dos dados.

Segundo o Teste da Razão de Verossimilhança Generalizado, foi rejeitada a hipótese de que o progresso técnico tem influência no modelo, sendo o valor da estatística igual a  $LR = -6.198,03$ , ficando muito abaixo do valor crítico da tabela KP, indicando que não se rejeita a hipótese da ausência de progresso técnico. Portanto, a função de produção estimada é uma Translog sem progresso técnico.

Analisando os coeficientes estimados, percebe-se que a maioria é estatisticamente significativa a 5%. A variável capital (K) foi a que apresentou maior participação sobre o valor da produção. Isso significa que acréscimos de investimentos em obtenção de tratores e animais a serem utilizados na agricultura têm elevado a eficiência técnica desses países. Uma atenção maior em investimentos dessa natureza deveria ser prioritária.

A variável trabalho (L) vem em segundo lugar como a que mais impacta sobre o valor da produção, sendo estatisticamente significativa a 7%, indicando que se deve dar uma maior atenção à qualificação da mão de obra rural, haja vista sua importância relativa no setor agrícola nos países da América do Sul.

Com relação à variável terra (A), o sinal negativo implica que aumentos em áreas agrícolas têm impacto negativo no valor da produção. Isso se deve ao fato de que aquisições de mais terras agrícolas requerem também aumentos em trabalho e capital adicional, elevando o custo da produção, diminuindo a eficiência técnica.

Tabela 1 – Modelo de Ineficiência Variável no Tempo (B&C, 1995)

Num. De obs = 240	Obs. Por país: min = 20		
	Num. De países = 12		média = 20
			máx = 20
Log da Função de Verossimilhança = 88,9976	Wald = 22843,69		Prob>= 0,0000
<b>LnY</b>	<b>Coef.</b>	<b>Z</b>	<b>P&gt;z</b>
$\alpha_1$	-2.021	-1.27	0.203
$\beta_2 \ln(K)$	4.253	6.55	0
$\beta_3 \ln(L)$	0.635	1.81	0.07
$\beta_4 \ln(A)$	-2.925	-7.58	0
$\beta_5 (1/2 \ln^2 K)$	-0.587	-3.81	0
$\beta_6 (1/2 \ln^2 L)$	0.232	5.63	0
$\beta_7 (1/2 \ln^2 A)$	0.195	0.49	0.625
$\beta_8 (\ln K \ln L)$	0.028	0.29	0.771
$\beta_9 (\ln K \ln A)$	0.293	1.1	0.269
$\beta_{10} (\ln L \ln A)$	-0.256	-2.51	0.012
<b>Ineficiência</b>			
$(z_1 - \text{gastos do governo})$	-0.022	-7.85	0
$(z_2 - \text{tempo})$	-0.164	-2.94	0.003
<i>Constante</i>	0.686	4.53	0
<b>Variância</b>			
Usigma	-7.047	-1.68	0.093
Vsigma	-3.604	-25.49	0
sigma_u	0.029	0.48	0.633
sigma_v	0.164	14.15	0
$\lambda$	0.178	2.52	0.012

Fonte: Elaborada pelos autores com base nos resultados da pesquisa

As interações entre os fatores não foram estatisticamente significativas, exceto para a interação trabalho x terra, que apresentou sinal esperado. O valor de  $\lambda$  para a função de produção indica que 17,87% das variações residuais devem-se aos efeitos da ineficiência técnica. Apesar da baixa magnitude do  $\lambda$  – em que quanto mais próximo da unidade, maior a importância de se levar em consideração a ineficiência técnica no modelo –, o teste para a existência de ineficiência técnica rejeitou a hipótese nula de que no modelo não existia ineficiência, ou seja,  $\gamma = 0$ , fazendo com que assumisse a hipótese alternativa que indica a presença de ineficiência no modelo.

Quanto às variáveis de ineficiência técnica, tanto os gastos do governo como a tendência (tempo) apresentaram sinais negativos e esperados, sendo estatisticamente significantes a 1%. Isso significa que os esforços feitos pelos governos locais de cada país em investimentos têm diminuído a ineficiência. Ademais, a ineficiência técnica tem diminuído com o passar dos anos, informação essa advinda do sinal negativo de  $t$ .

Nas Tabelas 2 e 3, são apresentados os resultados do acumulado dos países sul-americanos, em termos médios (trata-se da média geométrica simples, sem ponderação alguma), no que se refere aos componentes da variação da PTF, ou seja, variação de eficiência técnica e variação tecnológica, e a própria PTF. A Tabela 2 refere-se aos países-membros do MERCOSUL, e a Tabela 3, aos países que não fazem parte do acordo.

Analisando os resultados, verifica-se que os países que melhor se destacaram quanto à variação tecnológica no período de 1991 a 2010 foram Guiana (11,87%), Brasil (8,35%), Suriname (7,64%) e Bolívia (1,10%). A variação tecnológica representa deslocamentos da fronteira de produção. O Equador não obteve ganhos tecnológicos, ficando no mesmo patamar do início da série. Todos os outros países apresentaram ligeira queda na variação da tecnologia, com atenção especial para Venezuela, Chile e Peru, que obtiveram os piores resultados, com queda

de 10,71%, 9,43% e 6,63%, respectivamente. No acumulado, a América do Sul obteve queda de 1,4% na variação tecnológica.

Os resultados com as variações na eficiência técnica dos países estão dispostos na segunda coluna das Tabelas 2 e 3. Entretanto, não houve avanços expressivos na variação da eficiência técnica. O Equador e o Suriname permaneceram no mesmo patamar do início do período analisado (1991). Todos os outros países obtiveram perdas na eficiência técnica, sendo os piores resultados para Venezuela (-8,77%), Paraguai (-8,1%) e Peru (-6,79%). A América de Sul registra uma queda de 4,33% na variação de eficiência técnica.

Tabela 2 – Decomposição da Variação Acumulada da Produtividade Total dos Fatores do MERCOSUL

ACUMULATIVO POR PAÍS – MEMBROS DO MERCOSUL (1991-2010)			
País	Variação Tecnológica	Eficiência Técnica	PFT
<i>BRASIL</i>	1,083553	0,988702	1,071312
<i>ARGENTINA</i>	0,972621	0,948092	0,922134
<i>PARAGUAY</i>	0,936191	0,918922	0,860288
<i>URUGUAY</i>	0,942896	0,947100	0,893018
<b><i>MERCOSUL</i></b>	<b>0,982100</b>	<b>0,950381</b>	<b>0,933369</b>

Fonte: Elaborada pelos autores com base nos resultados da pesquisa

Os países que se sobressaíram quanto à variação da produtividade total dos fatores no período de 1991 a 2010 foram: Guiana (11,61%), Suriname (8,24%), Brasil (7,13%) e Equador (1,03%). O restante dos países apresentou queda da PFT, com atenção especial para Venezuela, Chile e Paraguai, que apresentaram as maiores perdas na produtividade total, com queda de 18,55%, 15,11% e 13,97%, respectivamente. No acumulado, a América de Sul obteve queda de 5,67% na PFT.

Tabela 3 – Decomposição da Variação Acumulada da Produtividade Total dos Fatores dos Países Não-Membros do MERCOSUL

ACUMULATIVO POR PAÍS – NÃO-MEMBROS DO MERCOSUL (1991-2010)			
País	Variação Tecnológica	Eficiência Técnica	PFT
<i>BOLÍVIA</i>	1,011087	0,952187	0,962744
<i>COLÔMBIA</i>	0,986563	0,937135	0,924544
<i>EQUADOR</i>	1,000605	1,009781	1,010387
<i>PERU</i>	0,933628	0,932094	0,870229
<i>VENEZUELA</i>	0,892812	0,912239	0,814458
<i>GUIANA</i>	1,118722	0,997689	1,116137
<i>SURINAME</i>	1,076434	1,005572	1,082432
<i>CHILE</i>	0,905661	0,937321	0,848895
<b>NÃO-MEMBROS</b>	<b>0,987922</b>	<b>0,959847</b>	<b>0,948255</b>

Fonte: Elaborada pelos autores com base nos resultados da pesquisa

Destaca-se aqui o desempenho da produtividade total dos fatores para a agricultura brasileira, cujo crescimento da PFT foi de 7,13%. Esse resultado vai de encontro aos mais recentes estudos da produtividade total dos fatores para o Brasil. A agricultura brasileira mostra-se bastante produtiva e os investimentos locais e internacionais no agronegócio brasileiro é que tem sustentado o PIB do país, em reposta.

Seguindo com o objetivo deste trabalho, que é analisar possíveis ganhos de produtividade dos países-membros do MERCOSUL em relação aos países não-membros, de um universo composto pelos países da América do Sul, exceto a Guiana Francesa, observa-se primeiramente que, dentre os países do MERCOSUL (Tabela 2), quanto à variação da tecnologia, apenas o Brasil apresentou crescimento, cerca de 8,3%. O Paraguai teve o pior desempenho, com queda de 6,38%. O MERCOSUL apresentou queda de 1,79% na variação tecnológica. Em contrapartida,

os países não-membros (Tabela 3), em conjunto, obtiveram uma perda menor, cerca de 1,2%.

Quanto à variação na eficiência técnica, os dois grupos de países, membros e não-membros do MERCOSUL, obtiveram, respectivamente, quedas de 4,96% e 4,01%. Portanto, a diferença quanto à variação na eficiência técnica dos dois grupos é praticamente inexpressiva.

Com relação à produtividade total dos fatores, ambos os grupos de países, membros e não-membros do MERCOSUL, apresentaram queda da PFT da ordem de 6,6% e 5,17%, respectivamente. Um fato importante a ser destacado é o baixo desempenho da Venezuela durante o período analisado. O país, que recentemente foi incluído no acordo comercial do MERCOSUL, apresenta restrições econômicas com alguns países, tendo os Estados Unidos como o primeiro dessa lista. Os EUA são um importante comprador de produtos agrícolas dos países sul-americanos. Juntamente com o Brasil, esses dois países são os maiores agroexportadores de *commodities* do continente americano.

O baixo desempenho do MERCOSUL também pôde ser verificado no trabalho de Carvalho (2003), que analisou a produtividade total dos fatores da agricultura utilizando a técnica de Análise Envoltória de Dados. Esses resultados também foram encontrados por Silva (2004), que utilizou o método da fronteira estocástica para analisar a produtividade, a eficiência técnica, o progresso técnico e o crescimento econômico na América Latina. Para esse autor, os países que fazem parte do MERCOSUL obtiveram baixa produtividade, exceto o Brasil.

## 5 Considerações Finais

Este trabalho analisou a produtividade total dos fatores dos países sul-americanos e, posteriormente, foi analisado o desempenho dos países que fazem parte do Mercado Comum do Sul (MERCOSUL), verificando a produtividade na agricultura dos países após a abertura comercial. As crises institucionais que o MERCOSUL enfrenta e a insignificante participação das economias do Paraguai e Uruguai na

formação do PIB agrícola e não agrícola do bloco econômico fizeram com que Brasil e Argentina obtivessem melhores desempenhos frente aos outros dois parceiros desse acordo.

Foi estimada uma fronteira de produção estocástica do tipo translog sem progresso técnico, trazendo como ineficiência os gastos de consumo dos governos, bem como um termo de tendência (tempo) que verifica se houve variações na ineficiência no decorrer do período analisado. Os resultados apontaram que os gastos dos governos têm aumentado a eficiência, e que, com o passar dos anos, o termo tendência (tempo) diminuiu a ineficiência técnica de produção. Como esperado, o capital apresentou maior participação na variação do valor da produção, seguido da variável mão de obra.

A decomposição da PFT em variação na eficiência técnica e variação tecnológica foi feita por meio do Índice de Malmquist, que utiliza o conceito de funções distâncias para medir a produtividade e eficiência dos fatores. Pela análise do acumulado para esse conjunto de países, ficou evidente que o MERCOSUL por si só não foi capaz de auferir melhores desempenhos de produtividade agrícola com a formação do acordo de livre comércio.

Vale ressaltar que as duas principais economias do MERCOSUL, a saber, Brasil e Argentina, passaram por crises econômicas durante o período analisado. No caso do Brasil, a crise financeira que o levou a mudar o regime cambial para flutuante e resultou em brusca desvalorização do real, em janeiro de 1999, deve ser considerada como uma possível quebra estrutural do modelo, mas testes estatísticos devem ser realizados para que fique comprovado se houve quebra ou falha estrutural devido às mudanças ocorridas na década de 1990 em decorrência da condução da política econômica. Como na Argentina vigorava o sistema cambial “*currencyboard*”, que atrelava o peso ao dólar e acumulava forte apreciação cambial, a mudança cambial brasileira implicou forte perda de competitividade de seus produtos, uma vez que o Brasil é um parceiro comercial muito importante para a Argentina.

Entretanto, na primeira década do século XXI, o Brasil percebeu um bom desempenho da sua produtividade agrícola, mas, sozinho, mesmo obtendo ganhos de eficiência técnica e produtividade, não é capaz de elevar a produtividade de todo o MERCOSUL. A inclusão de mais algumas importantes variáveis macroeconômicas no vetor de variáveis tidas como ineficiência é uma sugestão para trabalhos futuros, para que esses resultados possam ser melhor avaliados.

Por fim, verifica-se que não houve ganhos de produtividade agrícola para o conjunto de países que fazem parte do MERCOSUL quando confrontados com a produtividade agrícola do conjunto de países não-membros do acordo.

## Referências

AVALIAÇÃO DO IMPACTO DE SUSTENTABILIDADE. AIS Comercial do Acordo de Associação em Negociação entre a Comunidade Europeia e o Mercosul: estudo do setor agrícola. **Relatório Intercalar**. The University Manchester, 2007. Disponível em: < [http://trade.ec.europa.eu/doclib/docs/2007/april/tradoc\\_134567.pdf](http://trade.ec.europa.eu/doclib/docs/2007/april/tradoc_134567.pdf) >. Acesso em: 2 fev 2016.

ARAÚJO, J.A; FEITOSA, D. G; SILVA, A. B. América Latina: productividad total de los factores y su descomposición. **Revista CEPAL**. Santiago de Chile, n. 114, p. 53-69, Dec. 2014.

BATTESE, G.E; COELLI, T.J. A model for technical inefficiency effects in a stochastic frontier production function for panel data. *Empirical Economics*. Vienna, v. 20, n.2, p. 325-332. Jun. 1995.

CAMPOS, G. L. R. de. Agricultura e integração econômica: a questão agrícola no MERCOSUL e no contexto das transformações da economia mundial. **Teoria e Evidência Econômica**. Passo Fundo, v.3, n. 06, p. 7-30, nov.1995.

CARVALHO, R. M. **Três ensaios sobre produtividade agrícola**. 2003. 133f. Tese (Doutorado em Economia) – Curso de Pós-graduação

em Economia – CAEN. Faculdade de Economia, Administração, Atuária e Contabilidade. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2003.

CARVALHO, R. M.; MARINHO, E. L. Transformações estruturais, variações na eficiência técnica e produtividade total dos fatores no setor agrícola dos países sul-americanos: 1970 a 2000. In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA, 31., 2003, Porto Seguro. **Anais...** Porto Seguro: ANPEC, Dez. 2003. p. 1-21

CARVALHO, M. A.; SILVA, C. R. L. Intensidade do comércio agrícola no Mercosul. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL - SOBER, 47, 2009, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SOBER, Jul. 2009. p. 1-13.

COELLI, T. J.; RAO, D. S. P.; O'DONNELL, C. J.; BATTESE, G. E. **An introduction to efficiency and productivity analysis**. 2. ed. United States of America: Springer, p.341, 1998

FARREL, M. J. A measurement of productive efficiency. **Journal of the Royal Statistical Society**. Séries A (General). United Kingdom, [S.l.], v.120, n. 3, p.253-290, 1957.

FEITOSA, D. G. **Três ensaios sobre crescimento econômico na América Latina e Brasil**. 2009. 103f. Tese (Doutorado em Economia) – Curso de Pós-graduação em Economia – CAEN. Faculdade de Economia, Administração, Atuária e Contabilidade. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009.

FERREIRA, C. B; ARAÚJO, J. A. Produtividade Total dos Fatores na Agropecuária Brasileira: Análise de Fronteira Estocástica e Índice de Malmquist. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL - SOBER, 51, 2013, Belém. **Anais...** Belém: SOBER, p. 1-18, 2013.

GROSSMAN, G.; HELPMAN, E. Comparative Advantage and long-run growth. **American Economic Review**. United States of America, v. 80, n. 4, p. 796-815, Sept.1990.

KODDE, D. A.; PALM, F. C. Wald criteria for jointly testing equality and inequality restrictions. **Econometrica**, Notes and Comments. United States of America, v. 54, n. 5, p. 1243-1248, Sept.1986.

KRUGMAN, P., The narrow moving band, the Dutch disease, and the competitive consequences of Mrs. Thatcher: notes on trade in the presence of dynamic scale economies. **Journal of Development Economics**. Netherlands, v. 27, n. 1-2, p. 41-45, Oct. 1987.

LUCAS, Jr. R. E. On the Mechanics of Economic Development. **Journal of Monetary Economics**. United States of America, Chicago, v.22, p.3-42. Feb. 1988.

MALMQUIST, S. Index Numbers and Indifference Surfaces. **Trabajos de Estadística e Investigación Operativa**. La Rioja, v.4, n.2, p. 209-242, June 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**. Rio de Janeiro, v.56, n.4, p. 605-660, Out. 2002.

RIVERA-BATIZ, L.A; P. M ROMER. Economic Integration and Endogenous Growth. **Quarterly Journal of Economics**. Oxford, v. 106, p. 531-555, May 1991.

SILVA, A. B. **Ensaio empíricos sobre produtividade e crescimento econômico com o uso da abordagem da fronteira estocástica e produção**. 2004. 161f. Tese (Doutorado em Economia) – Curso de Pós-graduação em Economia – CAEN. Faculdade de Economia, Administração, Atuária e Contabilidade. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2004.

SOLOW, R. M. A contribution to the theory of economic growth. **Quarterly Journal of Economics**. Oxford, v. 70, n.1, p.65-94, Feb. 1956.

\_\_\_\_\_. Technical change and the aggregate production function.

**Review of Economic and Statistics.** Cambridge, 39, nº 3, p. 312-320, Aug.1957.

TUPY, O.; YAMAGUCHI, L.C.T. Eficiência e produtividade: conceitos e medição. **Agricultura em São Paulo.** São Paulo, v.45, n. 2, p. 39-51, 1988.

VENABLES, A. Regional integration agreements: a force for convergence and divergence? **Policy Research Working Paper N. 2260**, Washington, D.C., World Bank. Dec.1999. Disponível em: <<http://www.worldbank.org/research/trade/archive.html>>. Acesso em: 15 Feb. 2016.

YOUNG, A. "Learning by Doing and the Dynamic Effects of International Trade". **Quarterly Journal of Economics.** Oxford, v. 106, p. 369-405, May.1991.

Artigo recebido em: 16/11/2015

Aprovado em: 27/04/2016