

TECHNICAL EFFICIENCY AND PRODUCTIVITY GAINS OF AGRICULTURAL ACTIVITY IN SOUTH AMERICAN COUNTRIES

Roberto de Barros Mesquita

*Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT) e
Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)
Belo Horizonte – MG*

E-mail: robertomesquita@unemat.br

Ana Lúcia Miranda Lopes

*Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)
Belo Horizonte – MG*

E-mail: analopes.ufmg@gmail.com

Deborah Mara Siade Barbosa

*Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)
Belo Horizonte – MG*

E-mail: deborahsiade@yahoo.com.br

André Mobiglia Mesquita

*Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT)
Nova Xavantina – MT*

E-mail: andreunr@gmail.com

ABSTRACT

This research analyses technical efficiency and productivity gains of agricultural activity in South American countries in 2001/2002 and 2011/2012 crops. It is a research with quantitative approach using secondary data from the Food and Agriculture Organization (FAO), and the use of Data Envelopment Analysis (DEA). The results show that most South American countries present technical efficiency in agricultural holding, and a reduction in the number of countries that had relative inefficiency from a crop to another. However, only five of the twelve countries assessed were successful in overall productivity gain over time.

Keywords: *Agricultural production. Performance evaluation. Benchmarking.*

RESUMO

A pesquisa objetivou analisar a eficiência técnica e os ganhos de produtividade da agropecuária dos países sul-americanos nas safras 2001/2002 e 2011/2012. É uma investigação com abordagem quantitativa utilizando dados secundários provenientes da Food and Agriculture Organization (FAO), e uso da metodologia de Data Envelopment Analysis (DEA). Os resultados revelam que a maioria dos países sul-americanos apresenta eficiência técnica na exploração agropecuária, bem como houve redução do número de países que apresentou alguma ineficiência relativa de uma safra para a outra. Entretanto, dos doze países avaliados apenas cinco obtiveram ganho de produtividade total ao longo do tempo.

Palavras-chave: *Produção agrícola. Avaliação de desempenho. Benchmarking.*

1. INTRODUÇÃO

O aumento da concorrência mundial em diversos setores econômicos tem gerado uma nova dinâmica de produção e comercialização bastante competitiva, associada a contínuas mudanças organizacionais capazes de promover acréscimos de eficiência dos sistemas produtivos. Esse contexto também se aplica à agricultura, tradicionalmente explorada visando a subsistência do proprietário e sua família pela produção de alimentos, e que, cada vez mais, está se transformando em atividade voltada ao acúmulo de capital financeiro, com os proprietários rurais buscando alcançar índices de desempenho que sejam competitivos em termos globais.

Ao analisar as tendências da agricultura mundial, FAO (2002) prevê que o comércio agrícola terá um papel cada vez relevante para garantir as necessidades alimentares dos países em desenvolvimento, sendo que as importações líquidas de cereais por esses países deverão triplicar até 2030. Além disso, para atender a demanda global de 2050, a produção mundial de alimentos deverá crescer entre 60% (FAO, 2013) e 70% (FIDA, 2010), em relação aos níveis de 2005-2007.

Anderson e Valdés (2008) constataram que a agricultura latino-americana tem algumas características comuns. Ela conta com quase o dobro da terra agrícola per capita que o resto do mundo, tem a propriedade da terra altamente concentrada e uma estrutura de produção em que médias e grandes fazendas comerciais contribuem para a maior parte da produção agrícola. Além disso, a maioria dos países passou por um processo de intensas reformas de política econômica entre os anos 70 e 90, reavaliando o papel do governo na orientação do desenvolvimento econômico, no qual as políticas agrícolas eram parte integral do processo de reforma. Com isso, ocorreu um movimento gradual de afastamento da tributação dos agricultores em relação aos produtores não agrícolas e o incremento de assistência aos mesmos.

O pequeno produtor, responsável pela produção de até 70% dos alimentos produzidos nos países em desenvolvimento, faz parte do grupo composto por 75% das pessoas mais pobres do mundo, camponeses que vivem na zona rural desses mesmos países (FIDA, 2010). Dentre as principais causas deste fenômeno estão a falta de governança global, a perda de diversidade de sementes, a redução de investimentos públicos, e a exportação a longas distâncias, ainda segundo o Fundo Internacional de Desenvolvimento Agrícola (2010).

Quanto a este último elemento, parte da solução passa pelo desenvolvimento local da agricultura, visto que a proximidade entre produção e consumo contribui para a segurança alimentar das populações na medida em que aumenta o controle e proporciona uma relação mais direta entre os agentes econômicos, reduz custos e melhora as condições dos produtores rurais. Paralelamente, o dinamismo do campo promove o desenvolvimento das cidades e a melhoria da qualidade de vida nas mesmas.

Aproximadamente três quartos do valor adicionado pela agricultura mundial é gerado nos países em desenvolvimento, onde o setor agrícola pode contribuir com até 30% do Produto Nacional Bruto (FAO, 2013). No caso brasileiro, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento promoveu o planejamento estratégico do agronegócio nacional juntamente com entidades representativas do setor, e prospectou que o aumento da produção agrícola deverá continuar acontecendo com forte crescimento da produtividade total dos fatores (MAPA, 2012). Acréscimos de eficiência deverão substituir acréscimos de área plantada. As projeções indicam que entre 2012 e 2022 a produção dos principais grãos – arroz, soja, milho e trigo – deverá aumentar em 21,1%, com aumento de 9,0% na área plantada. Dentre as principais limitações à atividade agrícola no país estão as precárias condições logísticas em grande parte das regiões produtoras e no sistema portuário, e a oferta insuficiente de serviços financeiros.

A medição de eficiência na produção agropecuária pode ser realizada por diferentes métodos, tanto paramétricos quanto não-paramétricos. Aigner, Lovell e Schmidt (1977) e Meeusen e Van den Broeck (1977) desenvolveram o método paramétrico mais utilizado na avaliação da atividade, a *Stochastic Frontier Analysis* (SFA), enquanto na perspectiva não-paramétrica o método mais empregado é a *Data Envelopment Analysis* (DEA), que permite identificar a eficiência relativa de diferentes unidades produtivas agrícolas considerando múltiplos insumos e produtos.

Os trabalhos de Fare et al. (1997), Bruemer (2001), Wossink e Denaux (2006) e Cherchye e Van Puyenbroeck (2007) estavam voltados à identificação de eficiência de atividades agropecuárias específicas. Já Amores e Contreras (2009) e Zhu e Lansink (2010) utilizaram DEA para verificar a eficácia no emprego de subsídios agrícolas, enquanto Andersen e Bogetoft (2007) analisaram o estabelecimento de quotas de comercialização. Em uma abordagem mais abrangente, autores como Karkazis e Thanassoulis (1998), Thirtle et al. (2003) e Monchuk, Chen e Bonaparte (2010) focaram seus estudos em análises regionais em um mesmo país, respectivamente Grécia, Botswana e China. Já Mathijs, Blaas e Doucha (1999) e Lerman e Schreinemachers (2005) compararam a eficiência da produção agropecuária entre países distintos para identificar melhores práticas produtivas. Além disso, o trabalho seminal sobre eficiência técnica desenvolvido por Farrell (1957) também analisou a eficiência de atividades agropecuárias em diferentes países europeus.

Diante disso, este artigo teve como propósito analisar a eficiência técnica e a mudança de produtividade da agricultura dos países sul-americanos nas safras 2001/2002 e 2011/2012. Para tanto, se fez necessário:

- (i) calcular os escores de eficiência técnica dos países nos dois períodos
- (ii) identificar quais os *benchmarks* para os países que apresentarem alguma ineficiência, e
- (iii) calcular o crescimento da produtividade de uma safra para a outra

A existência de poucas pesquisas relevantes sobre a eficiência da agricultura sul-americana, a exemplo da investigação promovida por Helfand e Levine (2004), dá relevância a este estudo, visto que tenta preencher essa

lacuna de várias maneiras. Primeiro, ele mostra como a eficiência técnica do setor na América do Sul evoluiu no período de 2002 a 2012. Segundo, ele proporciona informação sobre quais seriam os *benchmarks* para os países que apresentam alguma ineficiência produtiva. Terceiro, a abordagem longitudinal de um mesmo grupo possibilita análise mais aprofundada acerca do desenvolvimento agropecuário desses países, auxiliando a verificação de acréscimos de eficiência devido à adoção de novas tecnologias produtivas e comerciais. Finalmente, ele cobre 12 dos 13 países que compõem o continente sul-americano.

Quanto a sua estrutura, a introdução dá início ao artigo, em seguida é abordada a metodologia empregada, de modo a conceber a base teórica necessária para compreensão do método utilizado para medição e avaliação de eficiência. Na terceira seção, de procedimentos metodológicos, são explanadas as técnicas adotadas para coleta e tratamento dos dados que são analisados e discutidos na seção seguinte. Por fim, são tecidas algumas considerações finais e sugestões para novas pesquisas.

2. AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO UTILIZANDO DATA ENVELOPMENT ANALYSIS

A medição e avaliação de desempenho são fundamentais para o processo de planejamento e controle de atividades em qualquer setor econômico. Por meio da avaliação de desempenho é possível, segundo Cook e Zhu (2008), descobrir pontos fortes e fracos das operações, atividades e processos organizacionais; adequar o negócio para melhor atender necessidades e requisitos dos clientes; identificar oportunidades de melhoria das operações e processos atuais, e de criação de novos produtos, serviços e processos. Ray (2004) esclarece que há uma distinção entre produtividade e eficiência, visto que produtividade é uma medida descritiva de desempenho, enquanto eficiência é uma medida normativa.

A *Data Envelopment Analysis* (DEA) é uma metodologia baseada em programação matemática que permite medir a eficiência relativa de unidades de tomada de decisão (DMUs), considerando vários insumos (*inputs*) e produtos (*outputs*) simultaneamente. O termo DMU representa qualquer operação empresarial, processo ou entidade sob avaliação (Cook; Zhu, 2008). O método não necessita que seja estabelecida a importância relativa das variáveis utilizadas na análise, nem a função de produção das unidades observadas. Conforme Ray (2004), DEA é uma metodologia não-paramétrica que pode ser entendida como uma “tecnologia de *benchmark*”.

Boxwell (1994) define *benchmarking* como uma ferramenta gerencial que permite a comparação de processos de uma empresa com os de outras para identificar os mais significativos para o desempenho, bem como as melhores práticas adotadas. Assim, pode contribuir para o desenvolvimento do setor agrícola e para a melhoria da administração rural.

O primeiro modelo de medição de eficiência técnica de empresas utilizando insumos e produtos de uma amostra de firmas foi desenvolvido por Farrell (1957), o qual era semelhante à função distância proposta por Shephard (1953). Entretanto, Cooper, Seiford e Zhu (2004) salientam que este trabalho empírico tinha a limitação de utilizar apenas um único produto.

A partir desta origem, Charnes, Cooper e Rhodes (1978) desenvolveram o modelo de programação não linear (não convexo) denominado DEA, que possibilitou uma nova definição de eficiência voltada à avaliação de organizações não lucrativas participantes de programas públicos norte-americanos. Eles criaram uma medida escalar da eficiência individual de cada participante, considerando a existência de múltiplos insumos e múltiplos produtos, o que era característico desses programas. Esta abordagem assumiu uma situação em que havia retornos constantes à escala (CRS).

Charnes, Cooper e Rhodes (1978) promoveram uma aplicação para avaliar a eficiência de escolas participantes do programa público denominado *Follow Through*, que considerou como *outputs* (produtos finais) scores matemáticos dos alunos, testes psicológicos das atitudes dos estudantes e habilidade dos alunos para compreender e controlar movimentos corporais, tendo como *inputs* (insumos) variáveis como número de horas de ensino ou tempo gasto em atividades do programa. O exemplo apresentado deixou claro que se poderia fazer uso de variáveis com características passíveis de serem medidas com métricas completamente distintas, e não por critérios tradicionais como preços de mercado ou custos de produção.

Segundo eles, havia interesse no desenvolvimento de medidas de eficiência de tomada de decisão, daí cada unidade individual de análise ter sido denominada *decision making unit* (DMU). “A eficiência de cada DMU é obtida como o valor máximo de uma razão entre produtos ponderados e insumos ponderados sujeito à condição de que as razões semelhantes de cada unidade tomadora de decisão sejam inferiores ou igual à unidade” (Charnes;

Cooper; Rhodes, 1978, p. 430). O modelo do envelopamento orientado a produto desenvolvido por eles é o seguinte:

$$\begin{aligned}
 & \text{Max } \varphi \\
 & \text{subject to} \\
 & \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \leq x_{i0}, \quad i=1,2,\dots,m \\
 & \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \geq \varphi y_{r0}, \quad r=1,2,\dots,s \\
 & \lambda_j \geq 0, \quad \forall j
 \end{aligned} \tag{1}$$

Neste modelo φ indica o aumento proporcional nos produtos que a DMU j pode produzir, mantendo constante a quantidade consumida de insumos; j está associado à DMU j , ($j = 1, \dots, n$), onde n o número de DMUs observadas; x_{ij} é a quantidade consumida do recurso/insumo i ($i = 1, \dots, m$) pela DMU j , e y_{rj} representa a quantidade produzida do produto/serviço r ($r = 1, \dots, s$) pela DMU j . λ_j é o peso da DMU j na composição da DMU virtual, e φ é um escalar que tem valores iguais ou maiores que 1. O escore de eficiência é obtido através de $1/\varphi$ (Charnes; Cooper; Rhodes, 1978; Cook; Zhu, 2008).

Desta forma, os autores estabeleceram uma maneira inovadora de acessar o grau de eficiência de unidades tomadoras de decisão e ineficiências existentes nos processos produtivos com um novo tipo de função de produção e métodos de estimativa que consideram dados empíricos que se tornou uma das principais metodologias existentes atualmente para avaliação relativa de desempenho organizacional.

Dando continuidade ao trabalho desenvolvido por Charnes, Cooper e Rhodes (1978), o modelo CCR, Banker, Charnes e Cooper (1984) promoveram o detalhamento das ineficiências identificadas pelo modelo, separando-as em dois componentes distintos: ineficiência técnica e ineficiência de escala. Os autores definiram ineficiência técnica como falha para alcançar os melhores níveis de produção e/ou o uso excessivo de insumos para isso, enquanto a ineficiência de escala está associada à não operação na escala ótima de produção, aquela denominada por Banker et al. (2004) “*most productive scale size*”. Isto se tornou possível com o acréscimo de uma nova restrição ao modelo (1), que é um vetor que denota uma restrição de convexidade.

$$\sum \lambda = 1 \tag{2}$$

Com isso, o modelo BCC, um acrônimo do sobrenome dos autores, possibilita a análise de eficiência sob retornos variáveis à escala (VRS), com o desmembramento das eficiências utilizando conhecimentos desenvolvidos na Teoria Econômica da Produção, particularmente os conceitos derivados dos trabalhos de Shephard em 1953 e 1970. As DMUs localizadas na fronteira eficiente são aquelas que apresentam escore de eficiência igual a 1,0, enquanto as demais são consideradas ineficientes, e o nível de ineficiência é medido pela distância da DMU até a fronteira. A representação gráfica das fronteiras derivadas dos diferentes modelos está ilustrada na Figura 1.

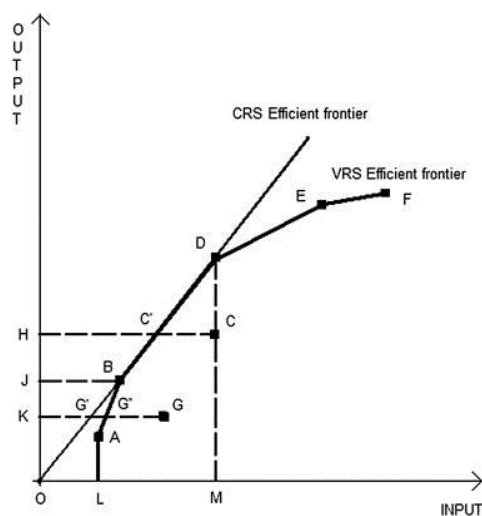


Figura 1: Fronteiras CRS e VRS
 Fonte: Sozen et al. (2012)

Na Figura 1 é possível observar que as DMUs B e D são eficientes tanto no modelo CRS quanto no VRS, visto que fazem parte de ambas fronteiras eficientes. Na perspectiva do modelo CRS, as DMUs A, C, E, F e G são ineficientes, enquanto no modelo VRS, as DMUs A, E e F são eficientes e, somente C e G são ineficientes. A DMU C se tornaria eficiente ao se deslocar para o ponto D, aumentando sua produção com os mesmos insumos (orientação a produto), ou para o ponto C', produzindo a mesma quantidade atualmente produzida com consumo de menos insumos (orientação a insumos).

Cook e Zhu (2008) denominam essas fronteiras como “as fronteiras das melhores práticas”, visto que nelas se encontram as unidades de tomada de decisão eficientes, aquelas não-dominadas. Entretanto, além de atribuir um escore de eficiência para cada unidade produtiva considerada na análise, a metodologia DEA também fornece outras informações bastante úteis. Schaffnit, Rosen e Paradi (1997) explicam que a utilização de DEA permite identificar, além da fronteira eficiente composta pelas unidades com as melhores práticas, as medidas de eficiência para cada unidade analisada; um conjunto de referência eficiente, ou grupo de pares (um pequeno grupo de unidades eficientes próximas à unidade sob avaliação) e alvos de eficiência para cada unidade de análise ineficiente. Adicionalmente, os autores apontam outros resultados que podem ser obtidos com análises avançadas de DEA: retornos à escala e ganhos de produtividade ao longo do tempo, entre outros.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A presente investigação se caracteriza como descritiva, utiliza as pesquisas bibliográfica e documental, e tem abordagem quantitativa. O estudo tem o propósito de calcular e descrever o nível de eficiência da atividade agropecuária na América do Sul, considerando determinadas variáveis de análise. A metodologia para apuração da eficiência técnica das DMUs avaliadas é DEA, e o modelo utilizado é do envelopamento orientado a produto considerando retornos variáveis à escala (Banker; Charnes; Cooper, 1984).

Cook e Zhu (2008) esclarecem que insumos são os fatores que queremos minimizar, a exemplo de custos, despesas com pessoal e materiais utilizados. Enquanto os produtos são os fatores que tentamos maximizar, como lucros, receitas de vendas e produtos ofertados, entre outros. Os insumos escolhidos nesta investigação foram trabalho, representado pela força de trabalho envolvida na agricultura, expressa em número de pessoas; terra, composta pela soma de terras aráveis e lavouras permanentes em hectares; e fertilizante, representado pelo consumo total de nutrientes, composto pela somatória do consumo de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) em toneladas. Quanto ao produto, optou-se pela produção agrícola total expressa em milhares de dólares.

Os dados das safras 2001/2002 e 2011/2012 foram obtidos no banco de dados FAOSTAT da *Food and Agricultural Organization of the United Nations* (FAO). O universo da pesquisa é composto pelos países da América do Sul, mas a amostra não foi censitária em função da inexistência de dados sobre consumo de fertilizantes pela Guiana Francesa, o que provocou a eliminação desta DMU.

O método utilizado para cálculo de ganhos de produtividade foi o Índice de Produtividade de Malmquist (TFPG), decomposto conforme Ray e Desli (1997). Tal escolha se deve ao fato de Lovell (2003) ter concluído pela superioridade desta decomposição em relação à proposta anteriormente por Fare et al. (1994). Deste modo, as mudanças de produtividade foram calculadas utilizando os mesmos dados utilizados no cálculo da eficiência técnica dos países, com apresentação dos fatores de mudança técnica (TC), mudança na eficiência de escala (SEC), e de mudança na eficiência pura (PEC).

Finalmente, cabe esclarecer que foi utilizado o PIM-DEA *software* para cálculos de eficiências e ganhos de produtividade dos países analisados.

4. EFICIÊNCIA TÉCNICA DA AGROPECUÁRIA SUL-AMERICANA

Os escores de eficiência das DMUs pesquisadas para cada uma das safras estão listados na Tabela 1. Nela é possível observar que em 2001/2002 havia quatro países que apresentavam ineficiências produtivas relativamente ao conjunto de países sul-americanos, enquanto na safra 2011/2012, três dos doze países analisados apresentaram alguma ineficiência.

Tabela 1:

Escore de eficiência das DMUs analisadas

DMU	Escore	
	Safra 2001/2002	Safra 2011/2012
Argentina	1	1
Bolívia	1	1
Brasil	1	1

Chile	1	1
Colômbia	1	1
Equador	1	1
Guyana	0,6399	1
Paraguai	0,6737	0,6488
Peru	0,7900	0,9448
Suriname	1	1
Uruguai	1	1
Venezuela	0,8885	0,8227

O pior desempenho identificado na safra 2001/2002 foi da agricultura da Guyana, que obteve escore de eficiência de 0,6399, o que implica na existência de uma ineficiência de 36,0%, indicando que com os mesmos insumos utilizados o resultado poderia ter sido bem maior. Nesta perspectiva, Paraguai, Peru e Venezuela também apresentaram ineficiências técnicas na produção agropecuária. Considerando o desempenho dos pares eficientes desses países, seria necessário que Guyana, Paraguai, Peru e Venezuela aumentassem seus valores de produção em 56%, 48%, 27%, e 13%, respectivamente, para alcançar a fronteira das melhores práticas. Portanto, estas seriam as metas para que estes países se tornassem eficientes.

No caso peruano, uma das possíveis causas da ineficiência verificada nesta safra pode estar associada à insuficiência de crédito aos produtores rurais. Guirkinger e Boucher (2007) identificaram que restrições de crédito têm um grande impacto negativo na alocação eficiente de recursos na agricultura peruana. Eles estimaram que o valor da produção agrícola teria acréscimo de 26% em algumas regiões do país, caso as restrições de crédito fossem eliminadas.

Com respeito à safra 2011/2012, a Guyana conseguiu eliminar sua ineficiência relativa e foi para a fronteira eficiente, enquanto três países mantiveram alguma ineficiência relativa: Paraguai, Peru e Venezuela. No caso do Paraguai e da Venezuela houve um aumento da ineficiência relativa obtida anteriormente, enquanto a agricultura peruana apresentou melhoria significativa de desempenho relativo no segundo período. Com isso, as metas de aumento da produção para Paraguai, Peru e Venezuela foram, respectivamente, 54%, 6% e 22%.

A perda de eficiência da agricultura paraguaia está associada a um aumento mais que proporcional no uso de fertilizantes em relação aos demais insumos (Tabela 2).

Tabela 2:

Aumento absoluto e percentual de *inputs* e *outputs* da agricultura paraguaia

Item	Produção	Trabalho	Terra	Fertilizante
Safra 2001/2002	3.240.000	740.000	3.308.000	153.168
Safra 2011/2012	5.550.000	850.000	3.990.000	420.330
Aumento absoluto	2.310.000	110.000	682.000	267.162
Aumento percentual	71,3%	14,9%	20,6%	174,4%

Para a safra paraguaia de 2011/2012 houve um acréscimo de 20,6% no total de terras aráveis e lavouras permanentes utilizadas em relação à safra 2001/2002, de 14,9% na força de trabalho, e de 174,4% no uso de nutrientes, que promoveram um aumento de 71,3% no valor da produção. Desta forma, a intensificação do uso de nutrientes não gerou aumento proporcional de produção, o que prejudicou o escore de eficiência da atividade agrícola local.

Desta forma, os resultados indicam que a maioria dos países sul-americanos apresenta eficiência técnica na exploração agropecuária, considerando o consumo de trabalho, terra e fertilizantes na atividade produtiva. Entretanto, cabe ainda analisar quais seriam os países que poderiam apresentar boas práticas que permitiriam aumento de eficiência dos países com alguma ineficiência.

4.1 Os benchmarks

A identificação de grupos de pares entre as DMUs analisadas pode permitir a promoção de aumento no nível de eficiência das unidades ineficientes na medida em que viabiliza informações sobre onde será possível encontrar melhores práticas produtivas. A Tabela 3 apresenta as DMUs com alguma ineficiência na safra 2011/2012 e os países que devem ser considerados para prática de *benchmarking*.

Tabela 3:
DMUs de referência para *benchmarking*

DMU	Benchmarks
Paraguai	Equador, Uruguai, Chile e Argentina
Peru	Equador, Argentina e Brasil
Venezuela	Chile, Uruguai, Equador e Argentina

Os *benchmarks* estão relacionados considerando uma hierarquia de relevância. No caso do Paraguai, seu principal *benchmark* é o Equador, com fator de 40,96%, seguido por Uruguai (30,54%), Chile (23,45%) e Argentina (5,05%). Desta forma, as melhores práticas equatorianas são as que mais contribuiriam para aumento da eficiência da atividade agropecuária paraguaia. No caso peruano, os fatores de *benchmark* calculados foram para Equador (94,81%), Argentina (5,01%), e Brasil (0,18%). Assim, as práticas equatorianas também seriam as que mais poderiam contribuir para o desenvolvimento da agricultura peruana. Quanto à Venezuela, obteve-se os seguintes dados: Chile (46,22%), Uruguai (39,04%), Equador (11,08), e Argentina (3,66%), indicando que o Chile é seu principal *benchmark*.

Ao comparar os *commodities* produzidos por países que apresentam ineficiências e de seus *benchmarks* que apresentam fator superior a 90%, como no caso de Peru e Equador, foi possível constatar grande semelhança no perfil de produção, caracterizando com isso a efetiva possibilidade de aprendizagem de melhores práticas. Nota-se que dentre os cinco principais *commodities* produzidos em 2011, considerando o valor da produção (FAOSTAT, 2011), os dois países tiveram em comum a produção de carne de frango, carne bovina, leite de vaca e arroz.

Com isso, percebe-se a coerência dos resultados obtidos com o emprego de DEA, que utilizando dados não paramétricos permite não só a análise da eficiência de atividades econômicas, bem como possibilita a identificação de um conjunto de referência capaz de disponibilizar boas práticas produtivas que poderão incrementar o desempenho de economias eventualmente ineficientes.

5. Ganhos de produtividade da agropecuária sul-americana

O ganho de produtividade total (TFPG) da atividade agrícola dos países sul-americanos para o período analisado (safras 2002/2002 e 2011/2012) é apresentado na Tabela 4, na qual também se pode verificar os ganhos referentes à mudança técnica (TC), de escala (SEC), e de eficiência pura (PEC).

Tabela 4:
Decomposição do Índice de Produtividade de Malmquist

DMU	TC	SEC	PEC	TFPG
Argentina	1,00	1,00	1,00	1,00
Bolívia	1,00	1,00	1,00	1,00
Brasil	1,00	1,43	1,00	1,43
Chile	1,00	1,00	1,00	1,00
Colômbia	1,00	0,92	1,00	0,92
Equador	1,00	1,02	1,00	1,02
Guyana	0,75	1,06	1,56	1,25
Paraguai	1,01	0,93	0,96	0,90
Peru	1,07	1,01	1,20	1,30
Suriname	1,00	0,69	1,00	0,69
Uruguai	1,00	1,00	1,00	1,00
Venezuela	1,18	1,02	0,93	1,11

Os resultados mostram ganho de produtividade total no período analisado em cinco países: Brasil (43%), Equador (2%), Guyana (25%), Peru (30%) e Venezuela (11%). No Brasil o crescimento significativo de produtividade total está associado a ganhos derivados de melhor escala de produção. Fenômeno semelhante também ocorre no

Equador, embora em escala bem reduzida. Na Guyana, embora tenha ocorrido perda tecnológica, ganhos de escala e de eficiência pura geraram ganho de produtividade total. Já no Peru, o ganho de produtividade está associado a mudanças positivas nas três perspectivas: tecnológica, escala e eficiência pura. No caso venezuelano, mesmo com perda de eficiência pura, houve ganho de produtividade em função de mudança tecnológica e de escala.

A ocorrência de perda de produtividade geral foi identificada em três países: Colômbia (8%), Paraguai (10%), e Suriname (31%). No caso paraguaio, como visto anteriormente, houve uma perda de eficiência pura que prejudicou a produtividade total do país, bem como de escala (7%), embora tenha conseguido um pequeno acréscimo de produtividade em função de mudança tecnológica (1%). Já a mudança de escala foi responsável por impactos negativos na produtividade total da atividade agropecuária na Colômbia (8%) e no Suriname (31%). Desta forma, foi possível constatar a diversidade de resultados, visto que cinco países tiveram ganhos, quatro não tiveram ganhos e três tiveram perdas de produtividade total, quando consideradas as safras 2001/2002 e 2011/2012.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A atividade agropecuária depende cada vez mais de alta produtividade para se tornar competitiva mundialmente, e suprir a crescente demanda por alimentos, energia e matérias-primas. Daí deriva um acréscimo no número de pesquisas que avaliam o desempenho associado à produção de produtos agropecuários específicos. Contudo, pouco se pratica a avaliação do desempenho do setor em termos macroeconômicos considerando abordagens mais abrangentes, que levem em consideração regiões ou países.

A América do Sul contempla importantes produtores de *commodities* agrícolas, a exemplo de soja, carne bovina, trigo, arroz e frutas, entre outros, que são consumidos internamente e exportados para inúmeros países, fatores que contribuem para melhoria da qualidade de vida nesta região do planeta.

No decorrer da pesquisa foi possível constatar que a atividade agropecuária praticada na América do Sul é tecnicamente eficiente, considerando como insumos os fatores produtivos terra, trabalho e fertilizante. Nesta perspectiva, apenas três países apresentaram alguma ineficiência na safra 2011/2012, enquanto em 2001/2002 esse grupo era composto por quatro países, o que implica redução de ineficiências relativas ao longo do tempo. Também se conseguiu identificar quais seriam os países que poderiam disponibilizar informações sobre as melhores práticas a serem adotadas para aumento de eficiência daqueles que ainda apresentam alguma ineficiência.

Quanto ao ganho de produtividade ao longo do tempo, foi possível verificar que existem países que tiveram crescimento de produtividade, enquanto outros não obtiveram ganho e outros tiveram perda de produtividade total no período analisado. Notou-se ainda que a mudança de escala foi a que mais impactou a produtividade total da atividade agrícola dos países sul-americanos, a exemplo do Brasil, que teve ganho de 43% no período analisado. Finalmente, cabe ressaltar que a análise da atividade agrícola como um todo consiste em uma avaliação que oferece pouco detalhamento, portanto, insuficiente para a formulação de políticas públicas específicas de estímulo ao setor nos diferentes países. Neste sentido, é importante considerar a necessidade de promoção de pesquisas que meçam e avaliem a eficiência associada aos principais *commodities* nos países observados no estudo, a exemplo dos trabalhos de Coelli, Rahman e Thirtle (2002), Homem de Souza (2003), Asmild e Hougaard (2006), entre outros. Além disso, fica a sugestão de pesquisas que tratem da identificação e avaliação de variáveis ambientais que podem impactar a produção de cada país.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aigner, D., Lovell, C.A.K., Schmidt, P. (1997). Formulation and estimation of stochastic frontier production function models. *Journal of Econometrics*, v. 6, p. 21-37.
- Amores, A.F.; Contreras, I. (2009). New approach for the assignment of new European agricultural subsidies using scores from Data Envelopment Analysis: application to olive growing farms in Andalusia (Spain). *European Journal of Operations Research*, v. 193, p. 718-729.
- Andersen, J.L.; Bogetoft, P. (2007). Gains from quota trade: theoretical models and an application to the Danish fishery. *European Review of Agricultural Economics*, v. 34, p. 105-127.
- Anderson, K.; Valdés, A. (2008). *Distortions to agricultural incentives in Latin America*. Washington: The World Bank.
- Asmild, M.; Hougaard, J.L. (2006). Economic versus environmental improvement potentials of Danish pig farms. *Agricultural Economics*, v. 35, n. 2, p. 171-181.
- Banker, R.D.; Charnes, A.; Cooper, W.W. (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Science*, v. 30, n. 9, p. 1078-1092.

- Banker, R.B. et al. (2004) Returns to scale in different DEA models. *European Journal of Operational Research*, v. 154, p. 345-362.
- Boxwell, R.J. (1994). *Benchmarking for competitive advantage*. New York: McGraw-Hill.
- Bruemer, B. (2001). Estimating confidence intervals for technical efficiency: the case of private farms in Slovenia. *European Review of Agricultural Economics*, v. 28, p. 285-306.
- Charnes, A.; Cooper, W.W.; Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, i. 2, p. 429-444.
- Cherchye, L.; Van Puyenbroeck, T. (2007). Profit efficiency analysis under limited information with an application to German farm types. *Omega*, v. 35, p. 335-349.
- Coelli, T.; Rahman, S.; Thirtle, C. (2002). Technical, allocative, cost and scale efficiencies in Bangladesh rice cultivation: a non-parametric approach. *Journal of Agricultural Economics*, v. 53, n. 3, p. 607-626.
- Cook, W.D.; Zhu, J. (2008). *Data Envelopment Analysis: modeling operational processes and measuring productivity*. Paperback. Amazon.com.
- Cooper, W.W.; Seiford, L.M.; Zhu, J. (2004). *Handbook on Data Envelopment Analysis*. Paperback. Boston: Kluwer Academic Publishers.
- FAOSTAT. Labour force in agriculture. Disponível em: <faostat.fao.org/site/666/default.aspx>. Acesso em: 27 nov. 2014.
- FAOSTAT. Arable lands and permanent crops. Disponível em: <faostat.fao.org/site/377/DesktopDefault.aspx?PageID=377#ancor>. Acesso em: 27 nov. 2014.
- FAOSTAT. Total nutrients consumption (NPK). Disponível em: <faostat.fao.org/site/575/DesktopDefault.aspx?PageID=575#ancor>. Acesso em: 27 nov. 2014.
- FAOSTAT. Total agricultural production. Disponível em: <faostat.fao.org/site/666/default.aspx>. Acesso em: 27 nov. 2014.
- FAOSTAT. Top Ten commodities production value 2011. Disponível em: <faostat.fao.org/site/666/default.aspx>. Acesso em: 27 nov. 2014.
- Fare, R.; Grosskopf, S.; Norris, M.; Zhang, Z. (1994). Productivity growth, technical progress, and efficiency change in industrialized countries. *American Economic Review*, v. 84, n. 1, p. 66-83.
- Fare, R.; Grabowski, R.; Grasskopf, S.; Kraft, S. (1997). Efficiency of a fixed but allocatable input: a non-parametric approach. *Economics Letters*, v. 56, p. 187-193.
- Farrell, M.J. (1957). The measurement of technical efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society, Series A, General*, 120, Part 3, p. 252-283.
- Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola (FIDA). (2010). *Informe sobre la pobreza rural 2011*. Rome.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2002). *World Agriculture: towards 2015/2030: Summary Report*. Rome.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2013). *Statistical Yearbook 2013*. Rome.
- Guirkinger, C.; Boucher, S. (2007). *Credit Constraints and Productivity in Peruvian Agriculture*. University of California, Davis: Working Paper n. 07-005.
- Helfand, S.M.; Levine, E.S. (2004). Farm size and the determinants of productive efficiency in the Brazilian Center-West. *Agricultural Economics*, v. 31, p. 241-249.
- Homem de Souza, D.P. (2003). Avaliação de métodos paramétricos e não paramétricos na análise da eficiência da produção de leite. 2003. *Tese (Doutorado em Economia Aplicada)*, Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.
- Karkazis, J.; Thanassoulis, E. (1998). Assessing the effectiveness of regional development policies in Northern Greece using data envelopment analysis. *Socio-Economic Planning Sciences*, v. 32, n. 2, p. 123-137.
- Lerman, Z.; Schreinemachers, P. (2005). Individual farming as labour sink: evidence from Poland and Russia. *Comparative Economic Studies*, v. 47, p. 675-695.
- Lovell, C.A.K. (2003). The decomposition of Malmquist Productivity Indexes. *Journal of Productivity Analysis*, v. 20, p. 437-458.
- Mathijs, E.; Blaas, G.; Doucha, T. (1999). Organisational form and technical efficiency of Czech and Slovak farms. *MOCT-MOST*, v. 9, p. 331-344.
- Meeusen, W., Van Den Broeck, J. (1977). Efficiency estimation from Cobb-Douglas production functions with composite error. *International Economic Review*, v. 18, p. 435-444.
- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). (2012). *Brasil: Projeções do Agronegócio 2011/2012 a 2021/2022*. Brasília.
- Monchuk, D.C.; Chen, Z.; Bonaparte, Y. (2010). Explaining production inefficiency in China's agriculture using data envelopment analysis and semi-parametric bootstrapping. *China Economic Review*, v. 21, p. 346-354.
- Ray, S.C. (2004). *Data Envelopment Analysis: theory and techniques for Economics and Operation Research*. Cambridge: Cambridge University Press.

-
- Ray, S.C.; Desli, E. (1997). Productivity growth, technical progress and efficiency change in industrialized countries: comment. *American Economic Review*, v. 87, n. 5, p. 1033-1039.
- Schaffnit, C.; Rosen, D.; Paradi, J.C. (1997). Best practice analysis of bank branches: an application of DEA in a large Canadian bank. *European Journal of Operational Research*, v. 98, p. 269-289.
- Shephard, R.W. (1953). *Cost and production functions*. Princeton: Princeton University Press.
- Shephard, R.W. (1970). *Theory of Cost and Production Function*. Princeton: Princeton University Press.
- Sozen, A.; Alp, I.; Kilinc, C. (2012). Efficiency assessment of the hydro-power plants in Turkey by using Data Envelopment Analysis. *Renewable Energy*, v. 46, p. 192-202.
- Thirtle, C.; Piesse, J.; Lusigi, A.; Suhariyanto, K. (2003). Multi-factor agricultural productivity, efficiency and convergence in Botswana, 1981-1996. *Journal of Development Economics*, v. 71, p. 605-624.
- Wossink, A.; Denaux, Z.S. (2006). Environmental and cost efficiency of pesticide use in transgenic and conventional cotton production. *Agricultural Systems*, v. 90, p. 312-328.
- Zhu, X.; Lansink, A.O. (2010). Impact of CAP subsidies on technical efficiency of crop farms in Germany, the Netherlands and Sweden. *Journal of Agricultural Economics*, v. 61, i. 3, p. 545-564.