

EFICIÊNCIA NA CONVERSÃO DE RECURSOS PRODUTIVOS EM DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL: O CASO DO BRASIL ENTRE OS BRICS

EFFICIENCY IN CONVERSION OF PRODUCTIVE RESOURCES IN SUSTAINABLE DEVELOPMENT: THE CASE OF BRAZIL AMONG THE BRICS

Naja Brandão Santana* E-mail: naja@sc.usp.br

Daisy Aparecida do Nascimento Rebelatto* E-mail: daisy@sc.usp.br

Ana Elisa Périco** E-mail: anaelisa@fclar.unesp.br

*Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo (USP), São Carlos, SP

**Universidade Estadual Paulista (UNESP), Araraquara, SP

Resumo: Os impactos socioambientais provocados pelo crescimento econômico das nações têm causado preocupações cada vez maiores na sociedade. O multidimensional conceito do desenvolvimento sustentável vem exigindo que o desempenho dos países seja analisado levando em consideração não só os aspectos econômicos, mas também os sociais e os ambientais, de maneira integrada. O objetivo do presente trabalho é apresentar e discutir os escores de eficiência econômica, ambiental e social do Brasil e a posição do país no ranking de eficiência do grupo BRICS no período que compreende o ano de 2001 até 2007. A Análise Envolvória de Dados (DEA) foi utilizada com o objetivo de calcular a eficiência dos cinco países do grupo nos três pilares da sustentabilidade e, conseqüentemente, elaborar o ranking de eficiência dos países integrantes do grupo. Foi possível observar que o Brasil apresentou resultados positivos, uma vez que foi o mais eficiente nas aplicações econômica e social, e obteve a segunda colocação na aplicação ambiental. Tais resultados podem indicar que o Brasil esteja adotando um modo de produção mais humanizado, com simultâneo aumento da distribuição de renda e cuidados ambientais, que pode ser resumido pelo termo desenvolvimento sustentável.

Palavras-chaves: Análise Envolvória de Dados. Brasil. BRICS. Desenvolvimento sustentável. Eficiência.

Abstract: The social and environmental impacts caused by the economic growth of nations have caused growing concern in society. The multidimensional concept of sustainable development has been demanding that the performance of nations analysis considering, besides the economic aspect, the social and environmental in an integrated way. The aim of this paper is to present and discuss the scores of economic, environmental and social efficiencies of Brazil and the position of this country in the efficiency's ranking of BRICS in the period from the year 2001 until 2007. Data envelopment analysis (DEA) was used to calculate the efficiency of the countries in the three pillars of sustainability and, consequently, draw up the ranking of efficiency of the group's member countries. It was observed that Brazil had positive results, since it was the most efficient in the economic and social applications, and obtained second place in environmental applications. These results may indicate that Brazil is adopting a more humane mode of production, with simultaneous increase of the income distribution and environmental care, which can be summarized by the term sustainable development.

Keywords: Data envelopment analysis. Brazil. BRICS. Sustainable development. Efficiency.

1 INTRODUÇÃO

Os impactos socioambientais provocados pelo crescimento econômico das nações têm causado preocupações cada vez maiores na sociedade. O fato é que o crescimento econômico, na maior parte das vezes, vem acompanhado do uso excessivo de recursos naturais e de impactos sociais e ambientais negativos, como a desigualdade na distribuição da renda, a exploração de mão de obra, a emissão de gases tóxicos etc.

Desse modo, o progresso de uma nação, em outros tempos medido pelos indicadores econômicos, necessita de novos meios de avaliação, uma vez que não trazem resultados suficientes para as novas exigências de medida. Para Bossel (1999), o PIB é uma medida de quão rápido os recursos são desperdiçados, não sendo capaz de capturar os aspectos vitais do desenvolvimento.

Nesse sentido, surge o desenvolvimento sustentável, conceito multidimensional onde os aspectos econômicos, sociais e ambientais devem ser considerados de maneira integrada, ao avaliar um sistema (POPE et al., 2004). Importantes resultados sobre a utilização de indicadores para a avaliação da sustentabilidade de nações no auxílio na tomada de decisões políticas podem ser vistos em Kondyli (2009), Boggia e Cortina (2010) e Beratan et al. (2004).

Estudos como o Kaivo-oja et al. (2014) têm apresentado que as três dimensões de sustentabilidade estão longe de ser positivamente relacionada, podendo até ser observada forte correlação negativa entre bem-estar humano e bem estar ambiental, por exemplo. Essa afirmação é problemática, uma vez que contradiz a definição dos três pilares da sustentabilidade apresentada no Relatório de Brundtland da *World Commission on Environment*. Bebbington e Larrinnaga (2014) argumentam que tal definição deverá ser apreciada apenas no contexto de sua criação, uma vez que indica que os problemas humanos não podem ser separados dos problemas ambientais.

Sobre isso, Dittmar (2014) afirma que a maioria dos países tem a dotado políticas para o desenvolvimento sustentável combinando crescimento econômico com desenvolvimento social e proteção ambiental. De fato, é importante ressaltar que a integração positiva dos três pilares da sustentabilidade é necessária para facilitar o alcance do desenvolvimento sustentável. No entanto, tal integração é

também frequentemente associada a conflitos entre estes aspectos que tendem a dificultar a realização do desenvolvimento sustentável (Hansmann et al.2012).

Nesse contexto, o objetivo que conduziu o desenvolvimento desse trabalho foi apresentar parte dos resultados do trabalho de Santana (2012), tese de doutorado direcionada para a discussão do desempenho dos países do grupo BRICS no que diz respeito ao desenvolvimento sustentável, tendo como objetivo comparar a eficiência dos países do grupo BRICS em converter recursos produtivos e inovação tecnológica em desenvolvimento sustentável. No que se refere ao trabalho aqui apresentado, serão apresentados os resultados obtidos para o Brasil no período de análise que compreende o período de 2001 à 2007.

Para alcançar tais resultados, foi utilizada a técnica de Análise Envoltória de Dados (DEA) com o objetivo elaborar o ranking de eficiência dos cinco países do grupo BRICS nos três pilares da sustentabilidade, o econômico, o ambiental e o social. No presente trabalho será apresentada e discutida a posição do Brasil nesses rankings de eficiência. Vale ressaltar que o presente estudo representa contribuição teórica para a Engenharia de Produção, uma vez que se utiliza de ferramental da pesquisa operacional para resolver problemas de sistemas produtivos, no caso os países que compõem o grupo BRICS, além de tratar de tema tão importante que é o desenvolvimento sustentável.

O trabalho está estruturado da seguinte maneira: as segunda e terceira seções apresentam, respectivamente, uma breve contextualização sobre BRICS e Brasil. A seção 4 apresenta o método de pesquisa adotado nessa pesquisa, assim como a especificação dos modelos utilizados e a aplicação DEA. A quinta seção apresenta e discute os resultados obtidos e, por fim, a seção 6 apresenta as considerações finais.

2 BRICS

A velha ordem de política internacional está superada, o sistema vem se transformando de unipolar para multipolar. A mudança do poderio norte-americano, observada a partir da crise financeira de 2008, vem ocorrendo paralelamente a uma crescente tendência de regionalização na política econômica global. Nesse sentido,

a ascensão do BRICS é uma clara ilustração dessa tendência (ÖNİŞ e KUTLAY, 2013).

Em seu estudo, Dolgikh e Kokin (2009) afirmam que o termo “BRIC” se refere aos quatro países emergentes (Brasil, Rússia, Índia e China), que apresentam rápida tendência de crescimento em suas economias. Para os autores, a sigla BRIC surgiu pela primeira vez em novembro do ano de 2001, no relatório intitulado “*Building Better Global Economic BRICs*”, cuja autoria foi atribuída a Jim O’Neill, economista do banco de investimento Goldman Sachs. No citado relatório, O’Neill (2001) afirmou que nos 10 anos subsequentes, o peso dos países do BRIC, especialmente a China, no PIB mundial, iria crescer de maneira significativa, sendo que isso despertou o interesse sobre o impacto das políticas fiscais e monetárias desses países na economia global.

Para Dolgikh e Kokin (2009) e Armijo (2007), entretanto, foi no ano de 2003, a partir da divulgação do relatório de pesquisa do banco Goldman Sachs, intitulado “*Dreaming with BRICs: the path to 2050*”, que a sigla BRIC foi difundida, fazendo parte de uma avaliação da perspectiva do crescimento econômico dos países do BRIC e da sua população. Wilson e Purushothaman (2003) destacaram, no citado relatório, que o Brasil, a Rússia, a Índia e a China assumiriam, no ano 2050, uma força maior e um novo protagonismo na economia mundial.

A consolidação do termo BRIC, de acordo com Amorim (2010), só ocorreu nos anos seguintes, quando foi observado, para esses países, crescimento econômico superior ao projetado inicialmente, fator que incentivou o banco Goldman Sachs a preparar um novo relatório, intitulado ‘*BRICs and Beyond*’. No citado relatório, O’Neill (2007) apresentou um prognóstico atualizado para os países do BRIC, reconhecendo que o crescimento econômico desses países tinha sido mais rápido do que o inicialmente previsto.

A partir do ano de 2011, o antigo acrônimo BRIC ganhou mais uma letra, se transformando em BRICS, cujo S se refere à South Africa. Foi em agosto de 2010 que O’Neill defendeu que a África do Sul poderia ser considerada o próximo país a participar do grupo BRIC. Oficialmente, o país passou a fazer parte do grupo de países com maior potencial de crescimento, após convite dos países membros fundadores, no início do ano de 2011.

Embora esses países sejam apresentados como um bloco com características similares, é válido destacar que eles apresentam diferenças econômicas, sociais e culturais, que podem ser observadas com relação à população, extensão territorial, clima, religião, história etc. Além disso, de acordo com Jacobs e Van Rossem (2013), a ideia de agrupar os países do grupo BRICS com base apenas nas suas perspectivas de crescimento econômico, tem sido questionada, eles afirmam que a força global de um país depende de vários fatores que vão além do PIB, como recursos militares e políticos.

Com o passar dos anos tem sido observada uma desaceleração no crescimento econômico dos países do grupo BRICS. No trabalho intitulado '*Broken BRICs: why the rest stopped rising*', Sharma (2012) afirma que as previsões extravagantes a respeito do grupo BRICS têm sido derrubadas, uma vez que o crescimento econômico observado está desacelerando acentuadamente. Para a autora, é possível que a nova ordem econômica global seja mais semelhante com a anterior do que a maioria dos observadores prevê, haverá crescimento econômico para os países emergentes, no entanto, isso ocorrerá de modo lento e diferente das previsões dos especialistas.

Por fim, Plotnikova (2011) indica que o crescimento econômico do BRICS deve ser baseado no desenvolvimento sustentável, buscando proporcionar melhorias qualitativas em seus sistemas, tendo em vista sua grande responsabilidade de promover o desenvolvimento sustentável frente ao seu potencial de crescimento econômico projetado.

3 BRASIL

O Brasil é o maior país em área e população da América Latina e Caribe e, devido ao fato de possuir um vasto território e grande diversidade de recursos naturais, é considerado, de acordo com May (2008), um país abençoado e, com base nisso, lhe é atribuído o título de "o país do futuro".

Nos estudos que fez, abrangendo desde a década de 1970, May (2008) observou que após o período denominado de "milagre brasileiro", o Brasil apresentou taxas lentas de crescimento. Entretanto, os dados mais atualizados permitem constatar e afirmar que, no período de 2000 a 2009, o Brasil apresentou

melhorias significativas no que se refere ao crescimento econômico. De acordo com dados do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA, 2010), o crescimento econômico no período citado foi de cerca de 33%.

Leme (2006) argumentou que, a partir do ano de 2003, o Brasil tem adotado medidas, com ênfase na estabilidade macroeconômica, objetivando alavancar o crescimento econômico do país. Para esse mesmo autor, a estabilização foi positiva, uma vez que fez a inflação cair, diminuiu a vulnerabilidade das contas externas e a dívida pública foi reduzida.

O Banco Mundial (2011) argumenta que, embora o Brasil apresente uma história econômica instável (períodos de crescimentos e quedas), e seu desenvolvimento tenha encontrado obstáculos – como a inflação e o excessivo endividamento –, as reformas adotadas desde a década de 1990, têm resultado em um largo período de estabilidade, crescimento e ganhos sociais.

Apesar desse contexto positivo observado no Brasil, o Banco Mundial (2011) afirma que o seu crescimento econômico é ainda limitado por barreiras e regulamentos, como por exemplo, a infraestrutura inadequada e também um pobre clima de negócios. Além disso, o Banco Mundial (2011) acrescenta que a qualidade dos serviços públicos em relação aos gastos é relativamente baixa, quando comparado com outros países de renda média.

Além disso, autores como Leme (2006) observaram que o Brasil apresenta um desempenho inferior em relação às expectativas do mercado internacional e, também, inferior em comparação aos outros países do BRICS. Vieira e Veríssimo (2009) identificaram que dentre os países que compõem o BRICS, o Brasil é aquele que apresentou menores taxas de crescimento do PIB nas últimas décadas.

A necessidade de crescimento rápido foi objeto da apreciação feita por Armijo (2007), que considerou que a incapacidade do Brasil em crescer rapidamente, apesar do ambiente favorável criado pelos altos preços das *commodities*, é um fator que limitará o desenvolvimento econômico desse país.

Por outro lado, Leme (2006) se deteve na política de estabilidade econômica, para esclarecer que o segundo governo Lula prometia a manutenção de políticas macroeconômicas sólidas e progressos nas reformas estruturais. Desse modo, a estabilidade econômica garantiria ao Brasil que as taxas reais de crescimento do PIB caminhassem em direção ao potencial previsto para os países do BRICS.

Leme (2006) aponta alguns problemas estruturais que, segundo ele, poderiam estar contribuindo para que o crescimento econômico brasileiro não tenha se dado de forma mais acelerada:

- O país poupa e investe pouco, a sugestão é melhorar a qualidade do ajuste fiscal;
- A economia brasileira deve ser aberta ao comércio;
- O governo do país deve concentrar sua ação na melhoria da qualidade de ensino;
- A necessidade de reformas estruturais, tendo em vista o aumento da produtividade total dos fatores.

Ao discutirem a importância da exploração de matéria-prima para o crescimento econômico, Dolgikh e Kokin (2009) destacaram que, no Brasil, essa exploração tem sido o principal fator para o crescimento econômico, entretanto, o setor industrial tem demonstrado forte desempenho, principalmente no que diz respeito às máquinas e aos equipamentos de transporte.

De acordo com o Banco Mundial (2011), apesar de o Brasil ser detentor de grandes riquezas naturais e, além disso, possuir notável potencial de desenvolvimento industrial, são observadas também grandes disparidades sociais. Nesse contexto, inovadores programas sociais, como o Bolsa Família, que buscam o crescimento econômico inclusivo, têm sido adotados nos últimos anos e isso vem resultando na diminuição da desigualdade social.

Desse modo, apesar das conquistas observadas no âmbito econômico, uma questão considerada relevante sobre o Brasil diz respeito à desigualdade social. Com relação a isso, May (2008) percebeu que, por conta da herança colonial, o Brasil é considerado uma das sociedades mais desiguais do mundo, com 23% da população abaixo da linha de pobreza absoluta.

Sobre isso, o Banco Mundial (2011) afirma que a desigualdade social permanece em níveis relativamente altos para um país de renda média. Isso pode ser comprovado pela lacuna no acesso à educação, além de também baixa qualidade desse serviço.

Nessa mesma linha, o país tem enfrentado desafios no desenvolvimento da combinação dos benefícios do crescimento agrícola, proteção ambiental e desenvolvimento sustentável, apesar de ter sido observado progresso na diminuição

do desmatamento florestal e de ser uma das nações líderes em negociações sobre o clima, se comprometendo voluntariamente a reduzir emissões de gases de efeito estufa (BANCO MUNDIAL, 2011).

May (2008) identificou que a intensa devastação dos recursos florestais na fronteira agropecuária no Brasil advém do otimismo tecnológico. Além disso, o autor observou que as emissões de CO₂, originadas da queimada agropecuária, são algumas vezes superiores às aquelas originadas da produção de energia e do transporte.

Na atualidade, é possível observar que, apesar de ter alcançado o posto de sexta economia mundial no final do ano de 2011, o Brasil apresenta baixo desempenho econômico quando comparado com os emergentes; o PIB cresceu 0,8% no primeiro trimestre de 2012 em relação ao mesmo período de 2011, as causas para isso se encontram na queda da produção agropecuária e, também, na queda dos investimentos (*British Broadcasting Corporation - BBC, 2012a*).

Nesse contexto, a BBC (2012b) anunciou que a desaceleração da economia brasileira tem feito com que os especialistas divulguem que a “Brasilmania” se aproxima do fim e que o entusiasmo dos investidores estrangeiros está diminuindo cada vez mais. No entanto, há especialistas, de acordo com a BBC (2012b), que creem que a visão de que o Brasil não é um país promissor está equivocada.

Como se pode notar, o Brasil, como país-membro do BRICS, tem pela frente um longo caminho a percorrer para atender adequadamente às demandas trazidas pelo crescimento econômico e pelo desenvolvimento sustentável.

4 MÉTODO

Como mencionado anteriormente, esse artigo visa apresentar parte dos resultados da tese de doutorado de Santana (2012). O método aqui apresentado é o mesmo empregado na pesquisa de doutoramento. Portanto, aqui será apresentada uma breve descrição da forma com que as etapas do método foram realizadas.

A coleta e análise dos dados contemplou o período que se iniciou no ano 2000, inclusive, até o ano 2007. Para essa definição, o critério utilizado foi a disponibilidade de dados. Além disso, outro fator que justifica tal delimitação temporal, se refere à história do objeto de estudo (o grupo BRICS). O termo BRIC

(termo inicial, antes da entrada da África do Sul) somente começou a ser difundido no mercado internacional no ano 2001. Assim, o ano 2000 foi definido como marco inicial para o período da análise, ou seja, um ano anterior à criação e divulgação do termo BRIC.

De acordo com a classificação proposta por Lyytimäki et al. (2013), os três indicadores de sustentabilidade gerados neste trabalho a partir da eficiência calculada utilizando DEA podem ser adotados como estratégia de longo prazo, uma vez que permitem identificar prioridades de longo prazo e estratégias de ação para os países BRICS. Tomando o trabalho de Lyytimäki et al. (2013) como uma referência, foi tomado muito cuidado na escolha da indicadores, a fim de evitar os riscos citados pelos autores.

Como o objetivo geral da tese de doutorado de Santana (2012) consistiu em analisar a eficiência dos países do grupo BRICS em converter recursos produtivos e inovação tecnológica em desenvolvimento sustentável, as variáveis selecionadas buscaram retratar tais questões para que o modelo teórico de análise fosse elaborado. Para tanto, foi utilizada uma função do tipo Cobb-Douglas.

No que diz respeito às variáveis de *inputs*, a variável “formação bruta de capital fixo” foi escolhida para representar a variável capital da função de produção Cobb-Douglas original; a seleção da variável “população ocupada” representa o trabalho também da função de produção Cobb-Douglas original; por fim, a escolha da terceira variável de *input*, “gasto com P&D”, representa a inovação tecnológica dos países, e foi escolhida tomando como base o trabalho de Ruffoni et al. (2004).

No conjunto das variáveis de *output*, a seleção da variável “PIB” foi feita para indicar o desenvolvimento econômico dos países, e ela se justifica pela utilização dessa variável em estudos de avaliação de sustentabilidade de diferentes regiões, como os de Shi et al. (2004) e o de Zhen et al. (2009).

A segunda variável de *output*, escolhida para traduzir o desenvolvimento ambiental dos países, foi o indicador de “emissão de CO₂”. Esse indicador tem sido constantemente utilizado em trabalhos que avaliam a sustentabilidade ambiental de regiões, como pode ser visto, por exemplo, em Boggia e Cortina (2010), Zhen et al. (2009), Lee e Huang (2007), Pao e Tsai (2010), Tamazian et al. (2009), entre outros. Além disso, a utilização de “emissão de CO₂” como variável do desenvolvimento ambiental, pode ser justificada pela *Environmental Kuznets Curve*, idealizada por

Grossman e Krueger (1991), para evidenciar a relação entre emissão de poluentes e o PIB per capita de países. Desse modo, como o CO₂ é o principal gás responsável pela intensificação do efeito estufa, a emissão desse poluente foi, então, adotada para execução do trabalho aqui descrito.

Por fim, a terceira variável de *output* selecionada, que representa o desenvolvimento social, foi a “expectativa de vida ao nascer”. A escolha dessa variável é justificada pelo uso da mesma em trabalhos como os de Zhen et al. (2009), Lee e Huang (2007), Mahlberg e Obersteiner (2001), Ramathan (2006), Despotis (2005) e, também, pelo trabalho de Sen (1998), que apontou a expectativa de vida como indicador decisivo para verificar o êxito integral de uma sociedade. Nesse contexto, e de acordo com Gisbertt e Pallejá (2006), a expectativa de vida ao nascer é um dos indicadores preferidos em comparações internacionais.

Para validar as variáveis propostas foram utilizadas a técnica de Regressão Múltipla e a Análise de Correlação, inspirada no método do *Stepwise*. A técnica de regressão múltipla tem como característica básica a identificação das relações existentes entre variáveis, exigindo a definição do modelo teórico para as três análises propostas (econômica, ambiental e social). O método *stepwise* é um dos primeiros procedimentos sugeridos por Norman e Stoker (1991) para fazer a validação das variáveis pré-selecionadas e consiste na utilização da análise de correlação, partindo de um par inicial de maior correlação.

4.1 Aplicação DEA

A proposta inicial desse trabalho prevê a utilização de quatro variáveis para cada uma das análises (econômica, ambiental e social), sendo três variáveis de *input* e uma de *output*. Aplicando o critério proposto por Nunamaker (1985), de que o número de unidades analisado deve ser, no mínimo, o triplo da soma de *inputs* e *outputs* utilizados, o número de unidades analisadas deveria ser no mínimo 12.

A ferramenta DEA apresenta basicamente três opções em relação à orientação dos modelos: orientação para *input*, orientação para o *output* e orientação *input-output*. No caso específico deste trabalho, considera-se desfavorável a utilização do modelo com orientação para o *input* ou duplamente orientado, pois os países analisados não almejavam reduzir seus *inputs*. Como um dos objetivos é

aumentar os *outputs* dos países, ou seja, aumentar o desenvolvimento sustentável dos BRICS, a escolha se deu pelo modelo DEA com orientação para o *output*.

O modelo DEA a ser selecionado está relacionado à relação estabelecida entre *input* e *output*, ou seja, ao tipo de retorno de escala. Neste trabalho optou-se pelo modelo BCC, o que significa dizer que os *outputs* aumentam ou diminuem em uma proporção diferente que os *inputs*, respeitando a questão do porte das unidades analisadas. Isso quer dizer que, reduções ou incrementos nos *inputs* não geram alterações na mesma proporção nos *outputs*.

Além disso, o modelo BCC serve para distinguir entre ineficiência técnica e de escala, estimando a eficiência técnica pura à uma dada escala de operações, e identificando se estão presentes ganhos de escala crescente, decrescente ou constante.

Como o objetivo principal da tese de doutorado de Santana (2012) consistiu em comparar a eficiência dos países do grupo BRICS em converter recursos produtivos e inovação tecnológica em desenvolvimento sustentável, optou-se por três aplicações DEA, cada uma delas se referindo a uma das dimensões da sustentabilidade: econômica, ambiental e social.

Para a realização dessa etapa de processamento DEA, nas três aplicações em que se subdividiu, foi utilizado o software *Frontier Analyst Professional*.

Ressalta-se que variáveis de *output* que se referem aos resíduos e poluentes são denominadas '*outputs* indesejáveis', que precisam ser reduzidos para a melhoria do desempenho dos países. A partir disso, é possível enquadrar a variável emissão de CO₂ nessa categoria (SEIFORD e ZHU, 2002). Para solucionar essa questão, o método adotado para o tratamento da variável emissão de CO₂ no presente trabalho consistiu em multiplicar cada *output* indesejável por '-1'. Como a análise DEA não permite adotar valores negativos, o valor obtido pela multiplicação por '-1' foi somado a um vetor de translação estabelecido, garantindo que os valores obtidos se tornassem positivos.

É importante informar, ainda, que a utilização da variável gasto com P&D contou com defasagem de um ano, uma vez que o retorno desse tipo de gasto necessita de algum tempo para se concretizar. Desse modo, o período de análise foi ajustado, excluindo o ano de 2000, passando a compreender sete períodos (2001 até 2007) e não mais oito.

4.2 Construção das janelas

No presente trabalho cada país no tempo foi considerado uma unidade distinta. De acordo com Cooper, Seiford e Tone (2000), a análise dependente de tempo em DEA é conhecida como 'análise de janela', técnica que considera a unidade no tempo, como se fosse uma unidade distinta.

A análise de janela é um processo similar ao da média móvel, onde cada vez que entra uma nova unidade de tempo, sai outra, que geralmente é a primeira que entrou na análise anterior.

Cooper, Seiford e Tone (2000) utilizaram as seguintes relações para calcular o número de janelas e sua amplitude.

$$W = k - p + 1$$

$$p = \frac{k + 1}{2}$$

Onde: W = número de janelas; k = número de anos; e p = amplitude da janela.

No caso do trabalho aqui relatado, o período analisado correspondeu à sete anos ($k = 7$). Assim, os cálculos estabeleceram que o número de janelas para a DEA seria quatro e a amplitude da janela também seria esse valor (4).

4.3 Fronteira invertida

De um modo geral, a análise DEA pode apresentar empates entre as unidades eficientes, já que não considera fatores como: o equilíbrio entre as variáveis, as informações prévias sobre os pesos, a atribuição de pesos nulos, entre outros (REINAS et al., 2011). Partindo dessa compreensão, foi necessário desenvolver métodos para conseguir discriminar essas unidades.

Para a execução da pesquisa, foi selecionado o método da fronteira invertida, que consiste nas seguintes etapas (LETA et al., 2005):

1. Trocar *inputs* e *outputs* de lugar;
2. Resolver o modelo resultante; e

3. Calcular o índice composto, considerando as fronteiras clássica e invertida.

A fronteira invertida busca identificar as unidades mais eficientes dentre o grupo das já consideradas eficientes. Nesse sentido, a unidade mais eficiente é aquela que tiver um desempenho mais estável, ou seja, que conseguir produzir mais outputs e gastar menos inputs. A partir da identificação dessa unidade, ou grupo de unidades, a fronteira invertida exclui do grupo de eficientes aquelas que foram consideradas eficientes por conta do desempenho superior de apenas um único input ou em apenas um único output.

Segundo Leta et al. (2005), o índice composto é calculado a partir da média aritmética entre o índice da fronteira clássica (Eclássica) e o índice da fronteira invertida subtraído de um (1 - Einvertida). Para a obtenção de valores entre 0 e 1, os resultados do índice composto devem ser normalizados.

5 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

A análise comparativa entre os resultados obtidos a partir dos procedimentos de validação de variáveis (regressão linear e método *stepwise*) permitiu que fosse elaborado o Quadro 1, que resume os resultados em cada aplicação proposta.

Quadro 1- Validação das variáveis (regressão e *stepwise*)

	Aplicação Econômica		Aplicação Ambiental		Aplicação Social	
	Regressão	<i>Stepwise</i>	Regressão	<i>Stepwise</i>	Regressão	<i>Stepwise</i>
Formação bruta de capital fixo	Válida	Válida	Válida	Válida	Inválida	Válida
População ocupada	Inválida	Válida	Inválida	Inválida	Válida	Inválida
Gasto com P&D	Válida	Válida	Válida	Válida	Válida	Válida

Fonte: Santana (2012)

Foi possível observar que a variável população ocupada, não foi validada pela regressão linear para as aplicações econômica e ambiental, enquanto pelo método *stepwise* ela foi considerada válida somente para a aplicação econômica. Assim, a variável população ocupada ficou invalidada para a aplicação ambiental, sendo, portanto, excluída. As demais variáveis foram validadas e mantidas para o

desenvolvimento da análise envoltória de dados. O Quadro 2 apresenta os *inputs* e *outputs* utilizados nas aplicações econômica, social e ambiental.

Quadro 2- Variáveis selecionadas

Aplicação	INPUT	OUTPUT
Econômica	Formação bruta de capital fixo; População ocupada; e Gasto com P&D.	PIB
Ambiental	Formação bruta de capital fixo; e Gasto com P&D.	Emissão de CO ₂
Social	Formação bruta de capital fixo; População ocupada; e Gasto com P&D.	Expectativa de vida

Fonte: Elaboração própria

A partir da pesquisa de Santana (2012), que analisou a eficiência dos BRICS em converter recursos produtivos e inovação tecnológica em desenvolvimento sustentável, os índices de eficiência média foram obtidos para cada país, em cada uma das aplicações, e estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1- Classificação de eficiência média dos BRICS, anos 2001a 2007

	Aplicação Econômica	Aplicação Ambiental	Aplicação Social
África do Sul	2°	1°	3°
Brasil	1°	2°	1°
China	3°	5°	4°
Índia	5°	3°	5°
Rússia	4°	4°	2°

Fonte: Santana (2012)

Como já mencionado, o objetivo que conduziu o desenvolvimento do presente trabalho foi apresentar e discutir os índices de eficiência econômica, ambiental e social do Brasil (Tabela 2), além de apresentar a sua posição no *ranking* de eficiência do grupo BRICS (Tabela 1), a partir dos resultados obtidos por Santana (2012).

Tabela 2- Resultados da eficiência média e posição no ranking do Brasil

	Eficiência média	Classificação no ranking de eficiência
Aplicação Econômica	98,3%	1°
Aplicação Ambiental	90,4%	2°
Aplicação Social	99,0%	1°

Fonte: Elaboração própria

Ao observar os dados das variáveis utilizadas na análise, foi possível identificar que o Brasil foi o país do grupo BRICS que apresentou níveis medianos de *input* e, ainda assim, alcançou índices de eficiência maiores que os demais países. Na análise econômica, o Brasil foi apontado como o país mais eficiente (98,3%) e apesar de não possuir elevados níveis de capital fixo, trabalho e inovação tecnológica, apresentou o segundo maior PIB do grupo e alcançou a maior eficiência econômica.

O Brasil, cuja economia lhe confere liderança na América do Sul é um país que, segundo a CIA (2012), se caracteriza por possuir bons níveis de desenvolvimento nos setores agrícola, de mineração, manufatura e serviços.

Para Leme (2006), as medidas que foram adotadas com ênfase na estabilidade macroeconômica, objetivando alavancar o crescimento econômico, fizeram com que a dívida pública fosse reduzida. Assim, apesar de o Brasil ter apresentado nas últimas décadas a menor taxa de crescimento do PIB dos BRICS, o país se destacou como o mais eficiente na aplicação econômica. Desse modo, foi possível supor que um aumento em seus *inputs*, sendo mantida a sua política econômica, poderá resultar em maiores valores do *output* PIB.

A análise ambiental deixou clara, mais uma vez, que é possível fazer mais com menos. Apesar de apresentar níveis medianos de *input*, o país conseguiu se destacar como o que menos emitiu CO₂ e alcançou um índice de eficiência média de 90,4%. Esse não foi o mais alto índice de eficiência do grupo, mas foi um valor de eficiência satisfatório.

O Banco Mundial (2011) assinalou que, muito embora o país tenha apresentado progresso na diminuição do desmatamento florestal e tenha se tornado um dos líderes em negociações sobre o clima, se comprometendo, de modo voluntário, a reduzir cada vez mais as emissões de gases de efeito estufa, o Brasil tem enfrentado desafios na combinação dos benefícios do crescimento agrícola,

proteção ambiental e desenvolvimento sustentável. O desmatamento da Amazônia, o comércio ilegal de espécies selvagens, a degradação do solo, a poluição da água e o derramamento de petróleo são outros problemas referentes ao meio ambiente (CIA, 2012).

No aspecto social, se destacou, mais uma vez, no grupo BRICS, com o maior índice de eficiência (99,0%). Isso porque, apesar de apresentar *inputs* medianos, o país apresentou a segunda mais alta expectativa de vida do grupo, em torno de 72,16 anos.

Com relação ao aspecto social é importante serem feitas algumas observações. De acordo com May (2008), por conta da herança colonial, o Brasil é considerado uma das nações mais desiguais do mundo, muito embora tenha sido observada a diminuição da desigualdade de renda e, também, o alcance de baixa taxa de desemprego nos últimos anos. Por outro lado, a política de crescimento econômico estável vem beneficiando a população de baixa renda com a melhoria do bem-estar social, apesar das disparidades sociais ainda observadas. Além disso, tem ocorrido a implantação de inovadores programas sociais, que buscam o crescimento econômico inclusivo e que vem promovendo a diminuição da desigualdade social, tendo, como exemplo, o Programa Bolsa Família (BANCO MUNDIAL, 2011).

De uma maneira geral, o Brasil se apresentou eficiente, nos três aspectos da sustentabilidade, em transformar os seus *inputs*, mesmo que medianos, em *outputs* significativos. Isso pode ser reafirmado pela posição de destaque internacional que o Brasil vem ocupando, assumindo o papel de liderança em assuntos como alterações climáticas, cooperação Sul-Sul, tecnologia agrícola, comércio, biocombustíveis, tratamento do HIV, biodiversidade e tecnologias sociais (BANCO MUNDIAL, 2011).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O cenário econômico internacional vem demonstrando uma nova dinâmica no que diz respeito ao crescimento econômico acelerado de alguns países em detrimento de outros; países que em épocas passadas eram considerados potências econômicas inabaláveis, hoje vem perdendo espaço para os que, em tempos atrás, não apresentavam qualquer tipo de destaque.

Por outro lado, merecem destaque os países emergentes, anteriormente chamados de países subdesenvolvidos, mas que nos dias de hoje estão ganhando espaço no cenário econômico internacional, como, por exemplo, os países que compõem o grupo BRICS.

É possível observar que o atual ordenamento mundial e suas exigências demonstram que determinado modo de crescer não é mais considerado sustentável, ou seja, o crescimento econômico medido pelo PIB, já não deve ser o único parâmetro de desempenho das nações. As constantes batalhas por cuidados com as questões socioambientais vêm exigindo dos países um novo comportamento capaz de assegurar a sustentabilidade.

Por meio da tese de doutorado de Santana (2012), foi possível conhecer a eficiência dos países membros do BRICS na conversão dos recursos produtivos e inovação tecnológica em desenvolvimento sustentável. As classificações de eficiência possibilitou a construção de *rankings*, nas três aplicações DEA (econômica, social e ambiental), que trouxeram alguns resultados passíveis de despertar curiosidade para explorações científicas mais específicas.

No caso específico do presente trabalho optou-se por apresentar e discutir a posição do Brasil nesses rankings de eficiência, uma vez que esse país apresentou destaque nas suas posições. Por meio da análise dos resultados, é possível destacar que o Brasil apresentou resultados positivos, uma vez que foi o mais eficiente nas aplicações econômica e social, e obteve a segunda colocação como o país mais eficiente na aplicação ambiental, do grupo BRICS.

O resultado da aplicação social classificou o Brasil como líder na eficiência social, apesar dos, ainda, altos níveis de desigualdade social. Outra surpresa foi o Brasil ter liderado a eficiência econômica, visto que é, entre os países BRICS, o que apresenta menor taxa de crescimento econômico. A boa posição (segundo lugar) na eficiência ambiental pode ser justificada pelo fato de ser o país, do grupo BRICS, que menos emite CO₂. Estes resultados induzem a conclusão de que o crescimento do PIB, menor no caso brasileiro do que de outros BRICS, pode ser resultado de um modo de produção mais humanizado, com simultâneo aumento da distribuição de renda e cuidados ambientais, que pode ser resumido pelo termo desenvolvimento sustentável.

É válido ressaltar que a DEA é uma técnica de análise de eficiência relativa, dessa forma o destaque do Brasil se refere apenas a uma análise comparativa dentro do grupo BRICS.

Nota:

Esse artigo é resultado de tese de doutorado.

REFERÊNCIAS

AMORIM, C. Existe realmente o BRIC? **Revista Economia Exterior**. Espanha: n. 52, 2010.

ARMIJO, L. E. The BRICS countries (Brazil, Russia, India, and China) as analytical category: mirage or insight? **Asian perspective**, v.31, n.4, p.7-42, 2007.

BANCO MUNDIAL. Disponível em:

<http://web.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/COUNTRIES/LACEXT/BRAZILEXTN/0,,contenMDK:20189430~pagePK:141137~piPK:141127~theSitePK:322341,00.html>. Acesso em: jul. 2011.

BBC. British Broadcasting Corporation. **Com PIB fraco, Brasil fica na lanterna das economias emergentes**. Disponível em:

http://www.bbc.co.uk/portuguese/noticias/2012/06/120601_comparacao_pib_brasil_lgb.shtml
Acesso em: 01 jun. 2012(a).

BBC. British Broadcasting Corporation. **Declaração econômica estoura 'bolha' de entusiasmo com o Brasil no exterior**. Disponível em:

http://www.bbc.co.uk/portuguese/noticias/2012/06/120530_brasilmania_ru.shtml. Acesso em: 01 jun. 2012(b).

BEBBINGTON, J.; LARRINAGA, C. Accounting and sustainable development: an exploration. **Accounting, Organizations and Society**, v.39, n. 6, p. 395-413, 2014.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.aos.2014.01.003>

BERATAN, K. K.; KABALA, S. J.; LOVELESS, S. M.; MARTIN, P. J.; SPYKE, N. P. Sustainability indicators as a communicative tool: building bridges in Pennsylvania.

Environmental Monitoring and Assessment, v. 94, p. 179-191, 2004.

<http://dx.doi.org/10.1023/b:emas.0000016887.95411.77>

BOGGIA, A.; CORTINA, C. Measuring sustainable development using a multi-criteria model: A case study. **Journal of Environmental Management**, v. 91, p. 2301-2306, 2010.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2010.06.009>

BOSSEL, H. **Indicators for sustainable development: theory, method, applications: a report to the Balaton Group**. International Institute for Sustainable Development, Winnipeg, Manitoba, Canada, 1999.

CIA. Central Intelligence Agency. Disponível em:

<https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/br.html>. Acesso em: abr. 2012.

COOPER, W.W.; SEIFORD, L. M.; TONE, K. **Data development analysis: a comprehensive text with models, applications, references and DEA-solver software.** London: Kluwer Academic Publishers, 2000.

DESPOTIS, D. K. A reassessment of the human development index via data envelopment analysis. **The Journal of the Operational Research Society**, v. 56, p. 969-980, 2005. <http://dx.doi.org/10.1057/palgrave.jors.2601927>

DITTMAR, M. Development towards sustainability: how to judge past and proposed policies? **Science of The Total Environment**, v. 472, p. 282-288, 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.11.020>

DOLGIKH, E.; KOKIN, S. The chinese economy and the other BRIC countries: the comparative analysis. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON MANAGEMENT SCIENCE & ENGINEERING, 2009. **Proceedings...** Moscow, Russia: September, 2009. p.14-16, 2009.

GISBERTT, F. J. G.; PALLEJÁ, R. P. **Esperanza de vida en España a lo largo del siglo XX: las tablas de mortalidad** del Instituto Nacional de Estadística. Documentos de trabajo, Fundación BBVA, 2006.

GROSSMAN, G. M.; KRUEGER, A. B. **Environmental impacts of a North American free trade agreement.** Working paper n. 3914, National Bureau of Economic Research. Cambridge: MIT Press, 1991.

HANSMANN, R.; MIEG, H.A.; FRISCHKNECHT, P. Principal sustainability components: empirical analysis of synergies between the three pillars of sustainability. **International Journal of Sustainable Development & World Ecology**, v. 19, n. 5, p. 451-459, 2012. <http://dx.doi.org/10.1080/13504509.2012.696220>

JACOBS, L. M.; VAN ROSSEM, R. 2013. The BRIC phantom: a comparative analysis of the BRICs as a category of rising powers. **Journal of Policy Modeling**, v. 36, p. 47-66, 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jpolmod.2013.10.008>

IPEA. **Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada.** Disponível em: <http://www.ipeadata.gov.br>. Acesso em: 07 nov. 2010.

KAIVO-OJA, J.; PANULA-ONTTO, J.; VEHMAS, J.; LUUKKANEN, J. Relationships of the dimensions of sustainability as measured by the sustainable society index framework. **International Journal of Sustainable Development & World Ecology**, v. 12, n.1, p. 39-45, 2014. <http://dx.doi.org/10.1080/13504509.2013.860056>

KONDYLI, J. Measurement and evaluation of sustainable development: a composite indicator for the islands of the North Aegean region, Greece. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 30, p. 347-356, 2009. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eiar.2009.08.006>

LEE, Y. J.; HUANG, C. M. Sustainability index for Taipei. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 27, p. 505-521, 2007. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eiar.2006.12.005>

LEME, P. **The 'B' in BRICs: unlocking Brazil's growth potential.** In: BRICs and beyond, Goldman Sachs Economic Research Group, 2006.

LETA, F. R.; SOARES DE MELLO, J. C. C. B.; GOMES, E.; ÂNGULO-MEZA, L. Métodos de melhora de ordenação em DEA aplicados à avaliação estática de tornos mecânicos. **Investigação Operacional**, v. 25, n. 2, p: 229-242, 2005.

LYYTIMÄKI, J.; TAPIO, P.; VARHO, V.; SÖDERMAN, T. The use, non-use and misuse of indicators in sustainability assessment and communication. **International Journal of Sustainable Development & World Ecology**, v. 20, n. 5, p. 385-393, 2013.
<http://dx.doi.org/10.1080/13504509.2013.834524>

MAHLBERG, B.; OBERSTEINER, M. **Remeasuring the HDI by data envelopment analysis**. Interim Report IR-01-069. International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA). Laxenburg: Austria, 2001.

MAY, P. H. **Como superar as contradições entre crescimento e sustentabilidade? Inovações institucionais nos BRICS**. In: DUPAS, G. Meio ambiente e crescimento econômico: Tensões estruturais. São Paulo: Editora UNESP, 2008.

NORMAN, M.; STOKER, B. **Data envelopment analysis: the assessment of performance**. Chichester: John Wiley, 1991.

NUNAMAKER, T. R. Using data envelopment analysis to measure the efficiency of non-profit organizations: A critical evaluation. **Managerial and Decision Economics**, v. 6, n. 1, p. 50-58, 1985. <http://dx.doi.org/10.1002/mde.4090060109>

O'NEILL, J. **Building better global economic BRICs**. Goldman Sachs Economic Research Group, Global Economics paper, n. 66, 2001.

O'NEILL, J. **Current Answers (and questions) about BRICs and the N-11**. In: BRICs and beyond. Goldman Sachs Economic Research Group, p. 151-158, 2007.

ÖNIS, Z.; KUTLAY, M. Rising powers in a changing global order: the political economy of Turkey in the age of brics. **Third World Quarterly**, v. 34, n. 8, p. 1409-1426, 2013.
<http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2261236>

PAO, H.T.; TSAI, C.M. CO₂ emissions, energy consumption and economic growth in BRIC countries. **Energy Policy**, v. 38, p. 7850-7860, 2010.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2010.08.045>

PLOTNIKOVA, G. A. BRIC-countries Potential and State Policy of Sustainable Development. In: XVIII INTERNATIONAL CONFERENCE ON MANAGEMENT SCIENCE & ENGINEERING, Italy: Roma, 2011.

POPE, J.; ANNANDALE, D.; SAUNDERS, A. M. Conceptualising sustainability assessment. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 24, p. 595-616, 2004.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.eiar.2004.03.001>

RAMANATHAN, R. Evaluating the comparative performance of countries of the Middle East and North Africa: A DEA application. **Socio-Economic Planning Sciences**, v. 40, n. 2, p. 156-167, 2006. <http://dx.doi.org/10.1016/j.seps.2004.10.002>

REINAS, R. I.; MARIANO, E. B.; REBELATTO, D. A. N. Custo/benefício de aeronaves: uma abordagem pela Análise Envoltória de Dados. **Produção**, v. 21, n. 4, p. 684-695, 2011.
<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-65132011005000048>

RUFFONI, J.; ZAWISLAK, P. A.; LACERDA, J. S. Uma análise comparativa entre indicadores de desenvolvimento tecnológico e de crescimento econômico para grupo de países. In: XXIII SIMPÓSIO DE GESTÃO DA INOVAÇÃO TECNOLÓGICA 23., 2004. **Anais...** Curitiba, 2004.

SANTANA, N. B. **Crescimento econômico, desenvolvimento sustentável e inovação tecnológica – uma análise de eficiência por envoltória de dados para os países do BRICS**. 2012. 210f. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.

SEIFORD, L. M.; ZHU, J. Modeling undesirable factors in efficiency evaluation. **European Journal of Operational Research**, v. 142, n. 1, p. 16-20, 2002.
[http://dx.doi.org/10.1016/S0377-2217\(01\)00293-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0377-2217(01)00293-4)

SEN, A. Mortality as an indicator of economic success and failure. **The Economic Journal**, v. 108, p. 1-25, 1998. <http://dx.doi.org/10.1111/1468-0297.00270>

SHARMA R. Broken BRICs: why the rest stopped rising. **Foreign Affairs**, v. 91, n. 6, p. 2-7, 2012.

SHI, C.; HUTCHINSON, S. M.; XU, S. Evaluation of coastal zone sustainability: an integrated approach applied in Shanghai Municipality and Chong Ming Island. **Journal of Environmental Management**, v. 71, p. 335–344, 2004.
[http://dx.doi.org/10.1016/S0301-4797\(04\)00057-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0301-4797(04)00057-X)

TAMAZIAN, A.; CHOUSA, J. P.; VADLAMANNATI, K. C. Does higher economic and financial development lead to environmental degradation: evidence from BRIC countries. **Energy Policy**, v. 37, p. 246-253, 2009. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2008.08.025>

VIEIRA, F. V.; VERÍSSIMO, M. P. Crescimento econômico em economias emergentes selecionadas: Brasil, Rússia, Índia (BRIC) e África do Sul. **Economia e Sociedade**, Campinas, v. 18, p. 513-546, 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-06182009000300004>

WILSON, D.; PURUSHOTHAMAN, R. **Dreaming with BRICs: the path to 2050**. Goldman Sachs Economic Research Group, Global Economics paper, n. 99, 2003.

LIN ZHEN, L.; CAO, S.; WEIA, Y.; DILLY, O.; LIU, X.; LI, F.; KOENIG, H.; TSCHERNING, K.; HELMING, K. Comparison of sustainability issues in two sensitive areas of China. **Environmental Science & Policy**, v. 12, p. 1153-1167, 2009.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.envsci.2009.03.002>



Artigo recebido em 05/12/2014 e aceito para publicação em 22/04/2015
DOI: <http://dx.doi.org/10.14488/1676-1901.v15i2.1931>