

O Índice de Ecoeficiência em âmbito internacional: uma análise comparativa do desempenho de 51 países entre os anos de 1991 e 2012

The Eco-efficiency Index at the international level: a comparative analysis of the performance of 51 countries between 1991 and 2012

Harine Matos Maciel^a
Ahmad Saeed Khan^b

^aDoutoranda em Desenvolvimento e Meio Ambiente na Universidade Federal do Ceará (UFC),
Professora do Instituto de Educação do Ceará, Fortaleza, CE, Brasil
End. Eletrônico: harinematos@yahoo.com.br

^bDoutor em Economia Rural, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente e Economia Rural,
Universidade Federal do Ceará (UFC), Fortaleza, CE, Brasil
End. Eletrônico: saeed@ufc.br

doi:10.18472/SustDeb.v8n1.2017.21089

Recebido em 11.11.2016
Aceito em 22.02.2017

ARTIGO - VARIA

RESUMO

O objetivo desta pesquisa foi calcular o Índice de Ecoeficiência (IE) para 51 países por meio do método Análise Envoltória de Dados (DEA). Verificou-se que o valor da ecoeficiência média diminuiu entre os anos de 1991 e 2012. Houve predominância dos países desenvolvidos e do continente europeu nos maiores índices de ecoeficiência. Os piores resultados foram alcançados por Índia e China. De modo geral, em todos os anos, o IE foi muito baixo na maioria dos países, sendo que metade destes são países em desenvolvimento e localizados, predominantemente, no continente asiático. A principal implicação dos resultados obtidos é de que são necessárias regulamentações mais rigorosas acerca do tema ambiental, principalmente para os países que apresentaram baixos valores de ecoeficiência. A presente análise sobre o Índice de Ecoeficiência busca ampliar o conhecimento sobre o assunto para propor melhores alternativas para alcançar a sustentabilidade tão necessária para as futuras gerações.

Palavras-chave: Ecoeficiência. Recursos Naturais. Desenvolvimento. Preservação.

ABSTRACT

The objective of this research was to calculate the Eco-efficiency Index (IE) for 51 countries using the Data Envelopment Analysis (DEA) method. It was found that the value of the average eco-efficiency has decreased between the years 1991 and 2012. Developed countries in general, and the European continent in particular, displayed the highest levels of eco-efficiency. Overall, in all years, the EI has been very low in most countries, half of which are developing countries and are located predominantly in the Asian continent. The main implication of this research is that stricter environmental regulations are required, especially for countries that have low eco-efficiency values. This analysis aims to increase awareness in order to propose more sustainable development strategies for future generations.

Keywords: Eco-efficiency. Natural Resources. Development. Preservation.

1 INTRODUÇÃO

Em nível mundial, as atividades econômicas usam fatores de produção para produzir bens e serviços com o objetivo de crescer economicamente e suprir as necessidades da população, sem qualquer preocupação com os recursos naturais e a sua sustentabilidade. Tornando-se urgente um equilíbrio entre a produção, consumo e o meio ambiente, por meio da formulação de políticas que busquem soluções conjuntas e incentivem ações que não degradem o meio ambiente como o uso de tecnologias limpas, energias renováveis, manejo de recursos naturais e de resíduos.

Durante muitos anos acreditou-se que a tecnologia resolveria esse desequilíbrio entre produção, consumo e meio ambiente. Segundo Lomborg (2001), os estudiosos otimistas com a tecnologia afirmavam que a inovação era a chave para produzir mais com menos, e o progresso seria suficiente para gerar a dissociação do crescimento econômico e impacto na natureza. Já os estudiosos pessimistas, conforme Alexander (2014), declaravam que em um mundo mais dinâmico e mais populoso, a tecnologia sozinha não era suficiente para resolver todos os desafios.

O estudo da eficiência econômica e ambiental (ecoefficiência) veio para preencher essa lacuna, uma nova ferramenta na busca por melhores soluções para continuar aumentando a produção e, simultaneamente, reduzindo os impactos causados aos ambientes naturais.

Segundo Schaltegger (2008), esse conceito surgiu nos anos 1990 como uma noção mais abrangente da sustentabilidade. Nos últimos anos esse tema tem recebido atenção especial de pesquisadores, já que estes enfrentam o desafio de fornecer aos formuladores de políticas ambientais informações e possíveis soluções para o conflito de interesses entre produtores, consumidores e ambientalistas.

O Conselho Empresarial Mundial para o Desenvolvimento Sustentável (*World Business Council for Sustainable Development – WBCSD – 1992*) afirma que é preciso gerar bens e serviços a preços competitivos e que satisfaçam as necessidades humanas e possibilitem uma melhor qualidade de vida, ao mesmo tempo em que reduzam progressivamente os impactos ambientais e o uso de recursos naturais ao longo do ciclo de vida desses bens e serviços até, pelo menos, o nível de sustentabilidade do planeta.

A ecoeficiência veio para contribuir na luta contra a exploração dos ambientes naturais, pois era necessário e urgente que ocorresse uma modificação na relação entre o ser humano e a natureza, que é exploratória, criando barreiras para o futuro ao utilizar de forma desmedida os recursos, produzindo a escassez, poluindo o ambiente, desmatando, extinguindo espécies e aquecendo o planeta.

Este estudo mundial é relevante para mostrar como os países têm se comportado e como as políticas econômicas e ambientais podem auxiliar na melhoria desses resultados. Nesse contexto, o objetivo da pesquisa foi calcular e analisar a ecoeficiência de uma amostra heterogênea de países, 51 no total, distribuídos nos cinco continentes, no período entre 1991 a 2012. Especificou-se um novo modelo de fronteira estocástica com variáveis econômicas e ambientais utilizando a técnica de Análise Envoltória de Dados (DEA). Espera-se que a ecoeficiência seja maior quando as emissões diminuírem

para o mesmo valor do Produto Interno Bruto. Além disso, este trabalho pode contribuir acerca de questões relevantes como: a ecoeficiência dos países melhorou desde o início dos anos 90? Os países desenvolvidos alcançaram melhores resultados que os países em desenvolvimento e os países pobres? Se assim for, quais os possíveis motivos desses resultados?

2 ECOEFICIÊNCIA

A Revolução Industrial trouxe mudanças significativas para a sociedade. O aumento da produção ocorreu devido a mudanças na forma de produzir; antes empregavam-se energias naturais, como a luz solar, e passou-se a utilizar formas de energias mais potentes como o uso de combustíveis fósseis, carvão mineral, petróleo e gás natural. Com esse aumento da capacidade produtiva, a população passou a ter acesso a uma maior quantidade de produtos, exigindo cada vez mais diversidade e rapidez na disponibilidade destes, pressionando assim a produção para ser cada vez mais acelerada com o uso de tecnologias poluentes, trazendo como resultado o crescimento econômico dos países e, conseqüentemente, o uso ilimitado dos recursos naturais.

Devido a isso, nos últimos anos, houve um agravamento dos problemas ambientais como a contaminação da água, destruição da fauna e flora, uso intensivo de agrotóxicos, mau uso do solo, falta de técnicas adequadas de manejo dos animais, entre outros. Segundo Gonçalves (2007), o nível de intervenção do homem na natureza é tão grande que se torna quase impossível encontrar natureza ou ecossistemas puros.

Até então assumia-se que o necessário, apenas, era aumentar constantemente a riqueza dos países, sem contabilizar os possíveis prejuízos ambientais. Porém, nos anos 1970, um novo conceito surgiu para se repensar o atual sistema econômico, o desenvolvimento sustentável. A sua definição consistia na ideia de crescer economicamente dando importância ao bem-estar da população e ao uso consciente do meio ambiente, por meio de novas formas de produção que buscassem degradar pouco ou nada os recursos naturais.

O desenvolvimento sustentável reconheceu a relevância dos recursos ambientais para as atividades produtivas. No início do século XXI esse tema passou a ser de fato incontestável para as políticas públicas mundiais, já que um dos grandes desafios era fortalecer os mecanismos que garantissem uma adequada integração, coerência e coordenação entre essas políticas dos diferentes níveis de governo e agentes econômicos envolvidos. Dessa forma, os países se comprometeram a elaborar planos nacionais focando no bem-estar econômico, qualidade ambiental e estabilidade social.

De fato, alcançar o equilíbrio entre produção e degradação é uma responsabilidade conjunta de toda a sociedade, buscando opções de produção menos danosas aos recursos naturais. A ecoeficiência surgiu dessa necessidade, e o seu princípio é fabricar mais produtos com menos material, tornando os produtos mais competitivos e atendendo às exigências do mercado.

A década de 1990 consolidou esse conceito ao mostrar como a atividade econômica se relaciona com os recursos da natureza. Sarkis e Talluri (2004) e Zhang *et al.* (2011) afirmam que é um excelente indicador, pois é capaz de mostrar a situação de “win-win”, que significa ganhos para ambos (economia e ecologia). De um lado, alcançar melhorias na produtividade e, por outro lado, redução do impacto ambiental.

A *Organization for Economic Co-operation and Development* (OCDE), no ano de 1998, definiu como a eficiência com que os recursos ecológicos são usados para atender às necessidades humanas.

A ecoeficiência surgiu como uma importante ferramenta de gestão ambiental e, segundo Lehni (2000), é utilizada como indicador para quantificar o progresso de um país para o desenvolvimento sustentável. Já Braungart, McDonough e Bollinger (2006) concebem como uma estratégia de ação social, pela qual a finalidade é reduzir o uso de materiais na economia com vistas a minimizar impactos ambientais indesejáveis e produzir níveis relativamente mais altos de riquezas econômicas, que deverão ser distribuídas de maneira mais justa.

Isso dito, é primordial analisar o progresso dos países em termos de ecoeficiência, visto que se acredita que o aumento desta é uma contribuição para os esforços globais de avançar na sustentabilidade, combinando esforços públicos e privados.

3 METODOLOGIA

3.1 ÁREA GEOGRÁFICA DE ESTUDO E FONTE DE DADOS

A pesquisa abrange 51 países distribuídos em cinco continentes (América, Ásia, África, Europa e Oceania), países estes selecionados pela classificação do Índice de Desenvolvimento Humano (alto, médio e baixo) e pela disponibilidade de dados para o período estudado. Os dados utilizados foram de origem secundária obtidos no site do Banco Mundial e nos Relatórios do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (Pnud), no período de 1991 a 2012.

3.2 MÉTODOS DE ANÁLISE

Utilizou-se a Análise Envoltória de Dados (DEA – *Data Envelopment Analysis*) para calcular os escores de ecoeficiência, uma vez que essa técnica tem sido amplamente utilizada para esse fim.

Haynes *et al.* (1993) mediram a eficiência nas atividades de prevenção da poluição dos Estados Unidos com o objetivo de apoiar a formulação de políticas ambientais. Gutiérrez *et al.* (2008) estudaram a ecoeficiência de aparelhos elétricos e eletrônicos. Zhang *et al.* (2008) analisaram a ecoeficiência do sistema industrial em 30 províncias chinesas.

Shim e Eo (2009) calcularam a ecoeficiência das usinas coreanas. Picazo-Tadeo *et al.* (2012) estimaram a ecoeficiência para pressões ambientais no setor agrícola espanhol. Mandal (2010) examinou a ecoeficiência da indústria do cimento na Índia, e Ustun (2015) avaliou o impacto econômico e ambiental em 81 províncias turcas no ano de 2010.

Nesta pesquisa especificou-se um novo modelo de fronteira estocástica com base nos trabalhos de Robaina-Alves *et al.* (2015) que avaliaram a ecoeficiência para os países europeus, e Camarero *et al.* (2012) que calcularam a ecoeficiência para 22 países pertencentes à Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE).

A seleção das entradas (*inputs*) e saídas (*outputs*) do modelo foi baseada no estudo de Robaina-Alves *et al.* (2015). Os *inputs* utilizados:

- a) Emprego Total: mostra o número total de pessoas com idade entre 15 anos ou mais que estão trabalhando;
- b) Área de Floresta: área de terras naturais ou plantadas de árvores de pelo menos 5 m², seja produtiva ou não, e exclui árvores em sistemas de produção agrícola e árvores em parques e jardins urbanos;
- c) Consumo de Energias Renováveis: é a quota de energia renovável do consumo final.

Os *outputs* utilizados:

- a) Produto Interno Bruto a preço de mercado (US\$ constante em 2010): é a soma do valor bruto acrescentado de todos os produtores residentes na economia, acrescido de eventuais impostos sobre os produtos e menos quaisquer subsídios não incluídos no valor dos produtos;
- b) Emissões Totais dos Gases do Efeito Estufa em kt de equivalente de CO₂: são constituídas por totais de CO₂, excluindo a queima de biomassa de ciclo curto (como a queima de resíduos agrícolas e a queima de Savannah), incluindo outras queimaduras de biomassa (tais como incêndios florestais e turfeiras drenadas), todas as fontes antropogênicas de CH₄, fontes de N₂O e gases-F HFCs, PFCs e SF₆.

Para o cálculo da ecoeficiência o *output* utilizado foi a divisão entre o Produto Interno Bruto, considerada saída desejável, e as Emissões Totais dos Gases do Efeito Estufa, saída indesejável. Espera-se que a ecoeficiência seja maior quando as emissões diminuírem para o mesmo valor do PIB.

A Análise Envoltória de Dados (DEA) foi criada por Charnes, Cooper e Rhodes no ano de 1978 e consiste em uma técnica de comparação entre múltiplos insumos e produtos. É um método matemático não paramétrico, já que não utiliza inferências estatísticas, não exigindo a distribuição normal dos dados.

Para Cooper *et al.* (2007), essa metodologia tem como principal objetivo avaliar a *performance* de atividades ou empresas, por meio da análise de eficiência de unidades, centrada em conceitos como produtividade e eficiência técnica.

Os principais modelos do DEA são i) CCR (Charnes, Cooper e Rhodes), ano de 1978, e usa Retornos Constantes de Escala; ii) BCC (Banker, Charnes e Cooper), ano de 1984, utilizando Retorno Variável de Escala.

Conforme Cooper *et al.* (2000) no modelo CCR, retornos constantes à escala, considera que os *outputs* crescem proporcionalmente aos *inputs* em todas as regiões da fronteira, que possui o formato de uma reta. Já o modelo BCC, retornos variáveis à escala, considera que a fronteira de eficiência possui o formato linear por partes e que nela existem três regiões distintas: crescente, constante e decrescente, e este foi o modelo utilizado nesta pesquisa.

O modelo BCC desenvolvido por Banker, Charnes e Cooper (1984) considera retornos variáveis de escala. Ao obrigar que a fronteira seja convexa, o modelo BCC permite que as Unidades Tomadoras de Decisão (DMUs) que operam com baixos valores de entradas tenham retornos crescentes de escala e as que operam com altos valores tenham retornos decrescentes de escala (MACEDO; BENGIO, 2003, p.7).

Após a definição das melhores DMUs, segundo Cooper *et al.* (2004), é formada uma fronteira produtiva, empírica, e o grau de eficiência pode apresentar variação de 0 a 1 ou de 0 a 100%, a depender do quanto cada unidade produtiva se distancia da fronteira. As DMUs são eficientes quando a ideia de Pareto é satisfeita, isto é, uma unidade localizada na fronteira só será eficiente se não houver a possibilidade de redução de nenhum *input* ou aumentar nenhum *output*, sem que se aumente, de modo simultâneo, outro *input*, ou diminua outro *output*.

O modelo BCC orientado à entrada:

O modelo BCC orientado à entrada:

Min h_0

sujeito a

$$h_0 x_{i0} - \sum_{k=1}^n x_{ik} \lambda_k \geq 0, \forall_i$$

$$- y_{j0} + \sum_{k=1}^n y_{jk} \lambda_k \geq 0, \forall_j$$

$$\sum_{k=1}^n \lambda_k = 1$$

$$\lambda_k \geq 0, \forall_k$$

Em que h_0 = eficiência

λ^k = contribuição da DMU_k na formação do alvo da DMU₀

X_{ik} = *inputs* i , $i=1, \dots, r$

Y_{jk} = *outputs* j , $j=1, \dots, s$, da DMU_k, $k=1, \dots, n$

X_{i0} = *inputs* i , $i=1, \dots, r$

Y_{j0} = *outputs* j , $j=1, \dots, s$, da DMU₀

No presente estudo, os escores de ecoeficiência foram estimados para o modelo BCC orientado a *inputs* por meio do software SIAD. Com base nos resultados obtidos pelo Índice de Ecoeficiência (IE), que variam entre 0 e 1, e na análise de agrupamento, foram estabelecidos os seguintes critérios para a classificação dos países:

- a) Muito Baixo..... IE \leq 0,25
- b) Baixo.....0,25 < IE \leq 0,50
- c) Médio.....0,50 < IE \leq 0,75
- d) Alto.....0,75 < IE \leq 1,0

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A ecoeficiência tem como objetivo utilizar os recursos naturais de forma consciente e não predatória, buscando produzir mais com menos recursos. O Índice de Ecoeficiência (IE) varia entre 0 e 1, quanto mais próximo de 1 mais ecoeficiente é o país, ou seja, está se comprometendo a dar importância às variáveis ambientais, buscando assim minorar os impactos causados pelas atividades produtivas e contribuir para que as gerações futuras possam usufruir dos recursos naturais.

Ao se analisar as estatísticas, Tabela 01, verifica-se que a ecoeficiência média diminuiu, passando de 0,4160 no ano de 1991 para 0,3276 em 2012. Os valores mínimos, 0,0086 (1991) e 0,0132 (2012), obtidos aumentaram e os valores da mediana mostraram que no ano de 1991, 50% dos países da amostra obtiveram o valor da ecoeficiência superior a 0,30, no entanto, em 2012 esse valor diminuiu para 0,22, expondo assim que, em geral, os resultados referentes ao índice de ecoeficiência diminuíram ao longo do período estudado, mostrando, possivelmente, que os países não estão de fato comprometidos em diminuir os impactos ambientais causados pelas atividades produtivas, aumento populacional e de consumo.

Tabela 1 – Estatísticas de Ecoeficiência

Estatísticas	DEA			
	1991	2000	2008	2012
Mínimo	0,0086	0,0062	0,0116	0,0132
Máximo	1	1	1	1
Média	0,4160	0,3890	0,3231	0,3276
Mediana	0,3098	0,2771	0,2366	0,2296

Fonte: Resultados da Pesquisa.

Examinando os escores de eficiência dos países, Tabela 02, para os anos de 1991, 1996, 2000, 2004, 2008, 2010 e 2012, nota-se que apenas 09 países (Bélgica, Espanha, França, Itália, Japão, Noruega, Países Baixos, Reino Unido e Uruguai) alcançaram o valor máximo em algum momento do período analisado. Noruega e Uruguai, países pequenos, foram os únicos que obtiveram valor máximo em todos os anos.

Tabela 2 – Índice de Ecoeficiência

Países	1991	1996	2000	2004	2008	2010	2012
	Índice de Ecoeficiência (IE)						
África do Sul	0,1727	0,1615	0,1671	0,1641	0,1782	0,2012	0,2071
Alemanha	0,6053	0,5166	0,4116	0,0903	0,0659	0,0701	0,0741
Angola	0,3932	0,3894	0,3819	0,3455	0,3869	0,3792	0,3829
Argentina	0,1225	0,1505	0,1517	0,1334	0,1512	0,1602	0,1660
Austrália	0,2008	0,2174	0,2212	0,2112	0,2366	0,2461	0,2500
Bangladesh	0,0337	0,0349	0,0352	0,0331	0,0380	0,0393	0,0404
Bélgica	1,0000	1,0000	1,0000	0,4943	0,5747	0,6085	0,6458
Bolívia	0,5832	0,5920	0,5773	0,5330	0,5918	0,6032	0,6140
Brasil	0,0251	0,0258	0,0261	0,0240	0,0274	0,0285	0,0291
Camarões	0,3645	0,3727	0,3528	0,3162	0,3498	0,3458	0,3523
Canadá	0,1169	0,1324	0,1317	0,1252	0,1462	0,1568	0,1636
Chile	0,3308	0,3400	0,3599	0,3415	0,3724	0,3708	0,3708
China	0,0147	0,0136	0,0096	0,0156	0,0156	0,0142	0,0154
Colômbia	0,1494	0,1429	0,1336	0,1182	0,1369	0,1367	0,1392
Congo	0,1204	0,1184	0,1171	0,1067	0,1173	0,1172	0,1177
Cuba	0,3597	0,4237	0,4495	0,4404	0,5115	0,5313	0,5671
Egito	0,3593	0,3084	0,2771	0,2500	0,2376	0,2335	0,2296
Equador	0,4030	0,4001	0,3900	0,3412	0,4037	0,4087	0,4139
Espanha	1,0000	1,0000	0,5089	0,1125	0,1247	0,1455	0,1651
Estados Unidos	0,1099	0,0961	0,0598	0,0957	0,0764	0,0636	0,0653
Filipinas	0,0693	0,0685	0,0718	0,0659	0,0738	0,0737	0,0748
França	0,9191	0,8581	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
Gana	0,2805	0,2795	0,2701	0,2497	0,2727	0,2794	0,2833
Grécia	0,8507	0,4354	0,4607	0,4560	0,5424	0,6064	0,7673
Guatemala	0,4849	0,5020	0,4803	0,4457	0,4641	0,4650	0,4311
Honduras	0,7286	0,6715	0,6744	0,7951	0,8420	0,7963	0,7234
Índia	0,0086	0,0084	0,0062	0,0103	0,0116	0,0117	0,0132
Indonésia	0,0213	0,0210	0,0214	0,0215	0,0246	0,0252	0,0258
Itália	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,5771	0,1212	0,1305
Japão	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,1338	0,1059	0,1154
Marrocos	0,2173	0,2182	0,2238	0,2090	0,2477	0,2599	0,2678
México	0,0566	0,0523	0,0507	0,0500	0,0545	0,0567	0,0577
Moçambique	0,2795	0,2628	0,2537	0,2329	0,2636	0,2651	0,2713
Nepal	0,1680	0,1738	0,1702	0,1632	0,1930	0,1989	0,2032
Nicarágua	0,8829	0,8600	0,8344	0,7682	0,8194	0,8966	0,8730
Nigéria	0,0543	0,0558	0,0555	0,0526	0,0588	0,0594	0,0602
Noruega	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
Países Baixos	1,0000	1,0000	1,0000	0,2611	0,2800	0,3224	0,3435
Paquistão	0,0518	0,0534	0,0517	0,0464	0,0492	0,0490	0,0498
Paraguai	0,6598	0,6532	0,6809	0,6227	0,6338	0,7232	0,7087
Peru	0,1991	0,1825	0,1783	0,1699	0,1780	0,1806	0,1856
Portugal	0,8128	0,5830	0,3943	0,4009	0,4950	0,5502	0,6332
Reino Unido	0,8117	1,0000	1,0000	0,4489	0,2072	0,1474	0,1189
Rússia	0,1315	0,1239	0,0929	0,1477	0,1589	0,1424	0,1595
Senegal	0,5569	0,5536	0,5422	0,4915	0,5421	0,5408	0,5366
Sudão	0,3098	0,2928	0,2847	0,2580	0,2850	0,2868	0,2910
Suécia	0,8379	0,9321	0,9068	0,9167	0,9258	0,9484	0,9509
Tailândia	0,0496	0,0562	0,0588	0,0558	0,0664	0,0706	0,0744
Turquia	0,0848	0,0920	0,0997	0,1049	0,1210	0,1209	0,1196
Uruguai	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
Venezuela	0,2249	0,2261	0,2172	0,1998	0,2147	0,2259	0,2315

Fonte: Resultados da Pesquisa.

O Uruguai, país em desenvolvimento, figura entre os dez países que menos emitem gases do efeito estufa, pois consome bastante energias renováveis devido ao Plano Nacional de Energia, formulado em 2008, que investiu em energia eólica, solar e biomassa. De acordo com o Green Energy Leaders (2015) o Uruguai é o segundo país latino-americano líder no uso de energias renováveis, perdendo o posto apenas para Costa Rica.

A Noruega, país desenvolvido, possui mais área de floresta e vem diminuindo os investimentos em fontes de energias que poluem o meio ambiente. Além de possuir um dos maiores recursos hidrelétricos do continente europeu, esta investe em outras fontes de energias renováveis como a eólica. Segundo o levantamento feito pelo Conselho Mundial de Energia, publicado na Revista Exame (2015), a Noruega é o terceiro país, atrás apenas da Suíça e da Suécia, na avaliação do desempenho de 130 países referentes à segurança energética, equidade no acesso à luz e redução dos impactos ambientais.

Esperava-se que os países desenvolvidos obtivessem melhores resultados, já que se deduz que estes investem mais em pesquisas científicas e tecnológicas na busca por continuar produzindo em um ritmo acelerado, mas com menos impactos aos ambientes naturais. Quando se analisa os maiores índices de ecoeficiência, percebe-se que há essa dominância, no entanto os países em desenvolvimento também alcançaram bons resultados, como Uruguai, Nicarágua e Bolívia, sinalizando que a riqueza do país não dimensiona totalmente a sua capacidade de gerir e inovar em políticas ambientais.

Os resultados obtidos, em parte, estão de acordo com o que sugere a Curva Ambiental de Kutnez o qual afirma que os países desenvolvidos, a partir de um certo ponto, por meio do aumento da renda e do nível educacional ocorrerá, inevitavelmente, uma diminuição da degradação ambiental. Em consonância com essa ideia, muitos autores desenvolveram estudos nessa perspectiva, Beckerman (1992) defendeu que a melhor maneira de atingir a qualidade ambiental seria o país se tornando rico; Deacon e Norman (2004) sugeriram que a melhoria ambiental não poderia vir sem crescimento econômico; Carvalho e Almeida (2010) afirmaram que a poluição primeiro aumenta e então decresce com o crescimento da renda, fortalecendo a ideia de que os países em desenvolvimento são muito pobres para serem verdes.

Analisando o *ranking* dos países, Tabela 03, para o primeiro ano, 1991, obtiveram ecoeficiência máxima Bélgica, Espanha, Itália, Japão, Noruega, Países Baixos e Uruguai, revelando que houve a predominância do continente europeu e de países desenvolvidos.

Tabela 3 – Ranking do Índice de Ecoeficiência (IE)

Países	1991	1996	2000	2004	2008	2010
África do Sul	27	27	27	27	28	25
Alemanha	10	10	12	37	41	40
Angola	15	15	15	14	15	14
Argentina	31	28	28	30	31	28
Austrália	25	24	23	23	24	22
Bangladesh	41	40	40	43	45	45
Bélgica	1	1	1	7	8	6
Bolívia	11	7	6	6	6	8
Brasil	42	41	41	44	46	46
Camarões	16	16	17	17	17	16
Canadá	33	30	30	31	32	29
Chile	19	17	16	15	16	15
China	44	43	43	46	48	48
Colômbia	29	29	29	32	33	33
Congo	32	32	31	34	37	36
Cuba	17	13	11	12	11	11
Egito	18	18	19	20	23	23
Equador	14	14	14	16	14	13
Espanha	1	1	8	33	35	31
Estados Unidos	34	33	35	36	38	41
Filipinas	36	35	34	38	39	38
França	2	4	1	1	1	1
Gana	21	20	20	21	20	19
Grécia	4	12	10	9	9	7
Guatemala	13	11	9	11	13	12
Honduras	8	5	5	3	3	4
Índia	45	44	44	47	49	49

Indonésia	43	42	42	45	47	47
Itália	1	1	1	1	7	34
Japão	1	1	1	1	34	37
Marrocos	24	23	22	24	22	21
México	37	39	39	41	43	43
Moçambique	22	21	21	22	21	20
Nepal	28	26	26	28	27	26
Nicarágua	3	3	3	4	4	3
Nigéria	38	37	37	40	42	42
Noruega	1	1	1	1	1	1
Países Baixos	1	1	1	18	19	17
Paquistão	39	38	38	42	44	44
Paraguai	9	6	4	5	5	5
Peru	26	25	25	26	29	27
Portugal	6	8	13	13	12	9
Reino Unido	7	1	1	10	26	30
Rússia	30	31	33	29	30	32
Senegal	12	9	7	8	10	10
Sudão	20	19	18	19	18	18
Suécia	5	2	2	2	2	2
Tailândia	40	36	36	39	40	39
Turquia	35	34	32	35	36	35
Uruguai	1	1	1	1	1	1
Venezuela	23	22	24	25	25	24

Fonte: Resultados da Pesquisa.

Em 2004 e nos anos seguintes, Bélgica e Países Baixos não atingiram o valor máximo. Bélgica cai para a sétima posição (IE = 0,49) e Países Baixos para a décima oitava (IE = 0,26). O consumo de energias renováveis de ambos os países é baixo, apenas entre 2% e 3%, e as áreas de florestas aumentaram menos de 5%. Houve também diminuição na emissão dos gases do efeito estufa, mas em proporções muito pequenas.

Itália e Japão alcançam o valor máximo até o ano de 2004. Em 2012 passam a ocupar posições entre 30 e 40, mostrando uma queda de 50% a 90% dos valores. Ambos os países cresceram economicamente, mas estão entre os dez que menos consomem energias renováveis da amostra estudada. Suas áreas florestais praticamente mantiveram-se iguais, aumentando de 1% a 5%. E emitem muitos gases do efeito estufa, o Japão ocupa a sexta posição e a Itália figura entre os 20 maiores, colaborando para a queda acentuada nos valores da ecoeficiência.

Conforme a Agência Brasil (2015), o governo japonês anunciou que reduzirá até 2030 as emissões de gases em 26%, mediante a aplicação de medidas de poupança energética e aumento da produção de eletricidade por meio de energias renováveis. As energias renováveis contribuiriam entre 22% e 24% de toda a eletricidade consumida no país.

A Espanha obteve bons resultados apenas nos anos iniciais. Seu consumo de energias renováveis está entre os 15 piores, em torno de 9%, suas áreas de florestas aumentaram em 10%, o PIB também melhorou, porém, conseqüentemente, aumentou a emissão dos gases do efeito estufa, fator este relevante para o resultado final do índice.

No trabalho de Robaina-Alves, Moutinho e Macedo (2015) foi calculada a ecoeficiência para os países europeus e o resultado obtido foi que os países mais ecoeficientes são os mais ricos, e estes são Suécia, Reino Unido e França, e o menos foi a Grécia, país que passou por um desequilíbrio das contas públicas, ocasionando uma grave crise econômica, com altos percentuais de desemprego e a falta de dinheiro para pagar o funcionalismo público e as dívidas contraídas, principalmente com o Fundo Monetário Internacional (FMI) e o Banco Central Europeu.

Desde a ratificação do Protocolo de Quioto, os países da União Europeia têm tomado várias iniciativas para reduzir as emissões e esse caminho trouxe a evolução do nível de ecoeficiência. O investimento em energias renováveis parece ser um diferencial desse comportamento (ROBAINA-ALVES; MOUTINHO; MACEDO, 2015, p.7).

O trabalho de Camarero *et al.* (2012) corrobora os melhores resultados alcançados pelos países europeus, pois os países mais ecoeficientes foram Suíça, Suécia, França, Noruega e Dinamarca, e os menos Canadá e Estados Unidos.

Os piores resultados dos índices foram alcançados por Índia (IE = 0,0132, no ano de 2012) e China (IE = 0,0154, no ano de 2012) em todo o período analisado. Países estes que figuram entre os cinco maiores emissores dos gases do efeito estufa, juntamente com Rússia, Estados Unidos e Brasil. A China mais que triplicou a quantidade de gases emitidos e a Índia aumentou 50% devido, principalmente, ao intenso crescimento das atividades produtivas, como mostra a Figura 01.

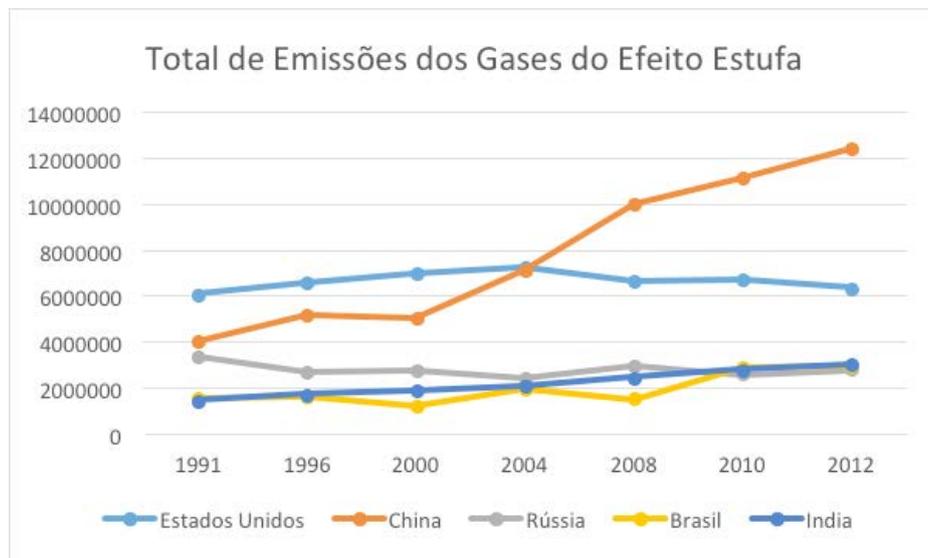


Figura 1 – Total de Emissões dos Gases do Efeito Estufa

Fonte: Banco Mundial, 2014.

Em relação ao consumo de energias renováveis, não houve evolução da China, manteve-se em torno de 34%, apesar do país investir nesse setor na busca por diminuir o uso das principais fontes poluidoras que são o uso de combustíveis fósseis e os gases emitidos dos veículos. De acordo com um estudo publicado na Revista Exame (2015), a Agência Internacional de Energia Renovável afirmou que a China é o país que mais emprega na indústria de energia renovável, com quase 3,9 milhões de postos de trabalhos ligados à energia solar, eólica e outras fontes verdes, porém, essas ações ainda não são suficientes para que o país diminua suas emissões dos gases do efeito estufa.

A produção chinesa de animais também auxilia na geração desses gases, uma vez que os chineses comem bastante carne, por isso o governo tem como meta cortar pela metade o consumo de carne bovina para diminuir as emissões. O jornal The Guardian (2016) afirma que se a China continuar com esse alto consumo, em 2050 o setor agropecuário sozinho já seria responsável por uma porcentagem considerável, e a pecuária de corte seria a principal fonte dessas emissões.

A Índia diminuiu o consumo de energias renováveis, 54% (1991) para 48% (2012), apesar de estar investindo para sua expansão. Um dos complicadores é que uma das maiores reservas de carvão do mundo é indiana e o país continua a utilizá-lo intensamente, já que é sua principal fonte de energia. Os governantes adiaram o quanto puderam a assinatura de acordos referentes aos compromissos de limitar a emissão dos gases do efeito estufa, pois segundo eles a principal meta é diminuir a pobreza no país e para isso é necessário utilizar a sua principal fonte de energia, e que os países ricos possuem maior responsabilidade com as mudanças climáticas.

Ambos aumentaram timidamente a área de florestas. A China é um dos maiores países do mundo em extensão territorial, todavia quando se trata do percentual de área florestal, possui apenas 16,58% no ano de 1991, havendo um pequeno aumento em 2012, passando para 21,54%. E a Índia passou de 19,49% (1991) para 21,50%. Isso ocorreu devido a uma maior conscientização dos governantes e da população em buscar preservar áreas florestais e assim tentar diminuir os efeitos causados pela constante poluição, mas na prática essas ações ainda não refletiram em resultados significativos para o meio ambiente.

Segundo o Relatório da Organização das Nações Unidas (2016), a China tem o objetivo de aumentar 23% a cobertura de florestas até 2020, reduzir 15% no consumo de energia e 23% no consumo de água e, para alcançá-lo, a China já construiu 1,5 bilhão de metros quadrados de prédios com eficiência energética em área urbana e o uso de veículos elétricos no país aumentou 45 vezes entre 2011 e 2015.

Veríssimo e Nussbaum (2011) afirmam que na Índia quase todas as áreas florestais são de propriedade estatal e a lei florestal exige que a propriedade seja mantida como floresta. Mesmo assim muitos hectares são utilizados para aumentar a capacidade produtiva do país, por meio de geração de energia, desmatamentos e atividades de mineração.

Diversas definições e cálculos têm sido feitos na tentativa de dimensionar o quanto a expansão produtiva pode afetar a sustentabilidade do planeta. A pegada ecológica é uma delas. Conforme Soares e Scarpa (2012), esta é uma medida da área (em hectares globais, que abrangem terra e água) que ocupamos para a construção de prédios e rodovias e para o consumo da água, do solo para plantio agrícola, da vida marinha e de outros elementos que compõem a biodiversidade do planeta. Para se obter a pegada ecológica também são consideradas a emissão de gases de efeito estufa na atmosfera e a presença de poluentes no ar, na água e no solo. Os resultados mostram como um indivíduo, cidade ou país utiliza os recursos naturais, conforme os hábitos de consumo e estilos de vida.

Alves (2016) afirma que a Índia apresenta déficit ambiental quando se analisa a sua pegada ecológica. Essa medida indiana é mais que o dobro da sua biocapacidade total e a tendência é só aumentar, já que o país está em plena expansão econômica e demográfica. Nos últimos 45 anos a pegada ecológica mundial ultrapassou a biocapacidade do planeta, mostrando que se os padrões de consumo continuarem como estão, o planeta não suportará essa pressão e as gerações futuras não terão a oportunidade de usufruir dos recursos naturais.

Já a pegada ecológica da China apresentava superávit ambiental até a década de 1960, porém, com o acelerado crescimento econômico e com o intenso processo de urbanização e industrialização, passou a ter o maior déficit ecológico do mundo. Quanto mais rica fica a China, mais pobre fica o meio ambiente local e mundial. Considerando que o nível da pegada ecológica está altamente correlacionado com o padrão de consumo, verifica-se que a China tem um padrão de consumo per capita cerca de 3 vezes menor do que os EUA, mas agride mais o meio ambiente, pois tem uma população cerca de 4 vezes maior (ALVES, 2014, p.1).

A Rússia, um dos maiores emissores de gases de efeito estufa, logrou um aumento no PIB de 25%, o emprego total diminuiu 2%, a área de floresta e o consumo de energias renováveis mantiveram-se praticamente inalteradas. Com relação à emissão dos gases de efeito estufa, os russos ocupavam, em 1991, a terceira posição de maior emissor, e em 2012 caiu para a quinta, em virtude da diminuição de 17% nas emissões. Devido a esses resultados, o índice de ecoeficiência obteve um pequeno incremento (IE = 0,1395 em 1991 e IE = 0,1595 em 2012).

Além de ocupar uma posição relevante no que tange ao fornecimento energético, a Rússia é um dos maiores consumidores mundiais de energia de origem fóssil, portanto as suas decisões de política energética têm implicações para a segurança energética e a sustentabilidade do meio ambiente em uma dimensão global (IEA, 2011, p. 245).

Dada a sua extensão geográfica e, conseqüentemente, a variação climática e topográfica, a Rússia tem potencial para se transformar em uma superpotência de energias renováveis (TYNKKYNEN; AALTO, 2012, p. 98).

O Brasil classificou-se como o quarto pior país em todos os anos analisados, em 1991 (IE = 0,0251) e em 2012 (IE = 0,0291), obtendo apenas um aumento em torno de 16% nos 21 anos estudados. Estar entre os cinco países que mais emitem gases do efeito estufa contribuiu para esse mau resultado, apesar dos números referentes às variáveis econômicas terem sido positivos; o PIB duplicou e o emprego aumentou 26%. No entanto, esses resultados não foram suficientes para melhorar o desempenho brasileiro.

Conforme o Ministério do Meio Ambiente (2015), em dez anos, o uso de energia renovável cresceu 30%, passando de 2,8% de toda a oferta de energia interna em 2004 para 4,1% em 2014. Essa pequena expansão da oferta de energia renovável não foi suficiente para fazer crescer o consumo de energias renováveis no Brasil, mostrando-se urgente a necessidade de um maior esclarecimento da importância do uso dessas energias, além de estímulos por meio de políticas públicas para que empresas e sociedade em geral tornem-se adeptas e defensoras do uso da energia renovável.

Houve diminuição das áreas florestais brasileiras, passando de 63,90% nos anos 1990 para 58,07% no final do período analisado, devido aos desmatamentos que ocorrem com frequência na região amazônica. Segundo a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (2015), o Brasil lidera o ranking de desmatamentos. O país perdeu 984 mil hectares de florestas por ano no período. A África e a América do Sul são os continentes com a maior perda anual líquida de florestas no período considerado no relatório, com 2,8 milhões e 2 milhões de hectares, respectivamente. A principal causa é a mudança do uso do solo, a conversão de terras florestais para atividades como a agricultura.

Os Estados Unidos pioraram o seu resultado no período analisado (IE = 0,1099 em 1991 e IE = 0,0653 em 2012), ocupando a nona pior classificação. Até o ano de 2003 os Estados Unidos eram o maior emissor dos gases do efeito estufa, segundo os dados do Banco Mundial, porém, a partir de 2004 perdeu esse posto para a China. Contudo, as variáveis econômicas norte-americanas aumentaram durante todo o período analisado. O PIB, o maior de todos os países da amostra, passou de 9 trilhões de dólares para em torno de 16 trilhões de dólares. E o emprego total obteve um aumento de 10%.

Quando se refere ao consumo de energias renováveis os resultados norte-americanos ainda não são muito relevantes. Nos anos 1990 a média de consumo foi de 4,65%, nos anos 2000 houve uma melhora passando para 6,25%. De acordo com a *Bloomberg New Energy Finance*, citada pela Revista Exame (2015), o custo da energia renovável, principalmente a solar, caiu muito nos últimos anos, chegando a 70 ou 80 por cento em alguns estados, devido aos incentivos fiscais que a indústria recebeu do governo americano desde o ano de 2006.

Nos Estados Unidos, estima-se que, em 1630, a área florestal era de 420 milhões de hectares, aproximadamente 46% da área total. Desde 1630, cerca de 104 milhões de hectares de florestas foram convertidos em outros usos, principalmente voltados à agricultura. Até 1910, a área de terras florestais já havia diminuído para estimados 305 milhões de hectares, correspondendo a 34% da área total. Em 2012, a área florestal abrangia 310 milhões de hectares, 33% da área total dos Estados Unidos. A área florestal permanece relativamente estável desde 1910, embora a população tenha aumentado em mais de três vezes nesse período (DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA DOS ESTADOS UNIDOS, USDA, 2015, p.7).

A Tabela 04 mostra um parâmetro geral da classificação do IE e o número de países pertencentes a cada intervalo. Em todos os anos o IE muito baixo obteve o maior número de países, em torno de 55% da amostra. No ano de 2012, 50% dos países com IE muito baixo estão em desenvolvimento como o Brasil, China, Índia e México, 32% são desenvolvidos como os Estados Unidos, Canadá, Austrália e Alemanha, e o restante são pobres como Nepal, Tanzânia e Congo.

Tabela 04 – Classificação do Índice de Ecoeficiência

Classificação do Índice de Ecoeficiência (IE)	Número de Países						
	1991	1996	2000	2004	2008	2010	2012
Muito Baixo	23	23	23	28	28	28	28
Baixo	10	10	13	13	10	10	10
Médio	05	07	05	02	07	07	07
Alto	13	11	10	08	06	06	06
Total	51	51	51	51	51	51	51

Fonte: Resultados da Pesquisa.

A quantidade de países que atingiram o IE baixo manteve-se quase inalterada. Os países do continente africano predominaram esse intervalo, em torno de 70%, como Moçambique, Angola, Gana e Sudão.

O IE médio teve um aumento de 40% entre os anos analisados. Em 1991 e 2012 os países da América foram maioria como Bolívia, Paraguai e Honduras. Os países pertencentes ao intervalo do IE alto diminuíram em torno de 55%, e em todo o período o continente europeu prevaleceu, com países como a Noruega, Suécia e França.

Ao final do período analisado, 2012, nota-se que houve uma diminuição apenas nos países classificados com o IE alto e aumento no IE muito baixo e médio. Esses resultados mostram que alguns países passaram a assumir responsabilidade com os assuntos relativos ao meio ambiente, entretanto insuficiente para transformar a realidade atual, mostrando assim que muito ainda precisa ser feito para que de fato os números acerca da ecoeficiência possam se tornar relevantes e essenciais na formulação de políticas públicas e na conscientização da população em geral.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo analisou a ecoeficiência de 51 países, entre os anos de 1991 a 2012. Especificou-se um novo modelo de fronteira estocástica onde a relação entre o PIB e as emissões de gases do efeito estufa é maximizada dados os valores de consumo de energias renováveis, emprego e área de florestas.

Verificou-se que o valor da ecoeficiência média diminuiu. Houve predominância dos países desenvolvidos e do continente europeu nos maiores índices de ecoeficiência. No entanto, alguns países em desenvolvimento também alcançaram bons resultados.

Os piores índices foram alcançados por Índia e China. Países estes que figuram entre os cinco maiores emissores dos gases do efeito estufa. Brasil, Estados Unidos e Rússia também estão entre os maiores poluentes e também obtiveram baixos valores.

Na classificação dos países em relação ao IE, em todos os anos, o IE muito baixo obteve o maior número de países, metade deles estão em desenvolvimento e o continente predominante foi a Ásia. Os países da África se destacaram no IE baixo e no IE médio foram os países da América. Por fim, no IE alto o continente europeu prevaleceu.

A principal implicação dos resultados obtidos é de que são necessárias regulamentações mais rigorosas acerca do tema ambiental, principalmente para os países que apresentaram baixos valores de ecoeficiência. Uma sugestão para futuras pesquisas seria a inclusão de mais variáveis econômicas e ambientais, o aumento da amostra e do período utilizado, podendo obter resultados mais abrangentes e mais próximos da realidade, ampliando assim o conhecimento sobre o assunto na busca por melhores alternativas para se alcançar a sustentabilidade tão necessária e urgente para as futuras gerações.

AGRADECIMENTOS

Ao apoio financeiro concedido pela Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico – Funcap. Ao curso de Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal do Ceará. Ao Instituto Federal de Educação do Ceará.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA BRASIL. **Japão compromete-se a reduzir emissões de gases em 26% até 2030**. Disponível em: <<http://agenciabrasil.ebc.com.br/internacional/noticia/2015-07/japao-compromete-se-reduzir-emissoes-de-gases-em-26-ate-2030>>. Acesso em: fev. 2017.

ALEXANDER, S. **A Critique of Techno-Optimism: efficiency without sufficiency is lost**. Melbourne Sustainable Society Institute, Working Paper, 2014.

ALVES, J. E. D. **Pegada Ecológica no mundo, Canadá e Índia, o que fazer?** EcoDebate, 2016. Disponível em: <<https://www.ecodebate.com.br/2016/07/29/pegada-ecologica-no-mundo-canada-e-india-o-que-fazer-artigo-de-jose-eustaquio-diniz-alves/>>. Acesso em: fev. 2017.

_____. **Dois enormes pegadas ecológicas: EUA grande consumo e China grande população**. EcoDebate, 2014. Disponível em: <<https://www.ecodebate.com.br/2014/05/07/duas-enormes-pegadas-ecologicas-eua-grande-consumo-e-china-grande-populacao-artigo-de-jose-eustaquio-diniz-alves/>>. Acesso em: fev. 2017.

BANCO MUNDIAL. **Dados ambientais, econômicos e sociais**. 2016. Disponível em: <<http://www.worldbank.org>>. Acesso em: jul. 2016.

BECKERMAN, W. Economic Growth and the Environment: Whose Growth? Whose Environment. **World Development**, v. 20, p. 481-496, 1992.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Uso de Energias Renováveis**. 2015. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/agenda21>>. Acesso em: jun. 2016.

BRAUNGAST, M.; MCDONOUGH, W.; BOLLINGER, A. Cradle – to – cradle design: creating healthy emissions e a strategy for eco-effective product and system design. **Journal of Cleaner Production**, 2006.

CAMARERO, M. *et al.* **Eco-efficiency and convergence in OECD countries**. Environ Resource Econ, 2012, p. 87-106.

CARVALHO, T. S.; ALMEIDA, E. A Hipótese da Curva de Kuznets Ambiental Global: uma perspectiva econométrico-espacial. **Estudos Econômicos**, São Paulo, v. 40, n. 3, p. 587-615, 2010.

COOPER, W. W.; SEIFORD, L. M.; TONE, K. **Introduction to data envelopment analysis and its uses: with DEA-Solver software and references**. New York: Springer, 2000. INSB-13: 978-0387-28580-1.

COOPER, W.; SEIFORD, L. M.; ZHU, J. **Handbook on Data Envelopment Analysis**. International Series in Operations Research & Management Science. Springer, 2004.

COOPER, J.; HERON, T.; HEWARD, W. **Applied Behavior Analysis**. 2nd ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2007.

DEACON, R. T.; NORMAN, C. S. **Is the Environmental Kuznets Curve an Empirical Regularity?** UCSB Working Paper 22-03, Department of Economics, University of California, Santa Barbara, 2004.

DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA DOS ESTADOS UNIDOS (USDA). **Fatos e tendências históricas das florestas dos Estados Unidos**. Washington, 2015, 64p. Disponível em: <https://www.fs.fed.us/sites/default/files/legacy_files/media/types/publication/field_pdf/508_ForestFacts_Portuguese_4_30_15.pdf>. Acesso em: nov. 2016.

GONÇALVES, J. C. Homem Natureza: uma relação conflitante ao longo da história. **Revista Multidisciplinar da Uniesp**, p. 7, 2007. Disponível em: <<http://www.uniesp.edu.br/revista/revista6/pdf/17.pdf>>. Acesso em: jan. 2015.

GREEN ENERGY LEADERS. **Uruguai e as energias renováveis**. 2015. Disponível em: <<https://conexao planeta.com.br/blog/como-o-uruguai-conseguiu-ter-95-de-sua-eletricidade-gerada-por-fontes-renovaveis/>>. Acesso em: fev. 2017.

GUTIÉRREZ, B.; DIAZ, A.; LOZANO, S. Eco-efficiency of electric and electronic appliances: a data envelopment analysis (DEA). **Environmental Modeling and Assessment**, 2008, p. 439-447.

HAYNES, K. E. *et al.* Environmental decision models: U.S. experience and a new approach to pollution management. **Environment International**, 1993, p. 75-261.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **World energy outlook 2011**. Paris: OECD/IEA, 2011. 666 p.

LEHNI, M. **Eco-efficiency: creating more value with less impact**. Switzerland: WBCSD, 2000.

LOMBORG, B. **The Skeptical Environmentalist**. Cambridge: Cambridge University Press, 2001.

MACEDO, M. A. S.; BENGIO, M. C. **Avaliação de eficiência organizacional através de análise envoltória de dados**. In: VIII CONGRESSO INTERNACIONAL DE CUSTOS, Punta del Leste, 2003.

MANDAL, K. S.; MADHESWARAN, S. **Environmental efficiency of the Indian cement industry: an interstate analysis**, Energy Policy, v. 38, p. 1108-1118, 2010.

MEZA, L. A. *et al.* **Free software for decision analysis: a software package for data envelopment models**. In: 7TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENTERPRISE INFORMATION SYSTEMS – ICEIS 2005, v. 2, p. 207-212.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **A cobertura florestal na China**. 2016. Disponível em: <<http://www.fao.org/brasil/pt/>>. Acesso em: nov. 2016.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA AGRICULTURA E ALIMENTAÇÃO. **As florestas ainda cobrem 31% da superfície da Terra**. 2015. Disponível em: <<http://www.fao.org/brasil/pt/>>. Acesso em: set. 2016.

ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OCDE). **Relatório Anual de 2003**. Disponível em: <<https://www.oecd.org/about/2506789.pdf>>. Acesso em: jul. 2016.

PICAZO-TADEO, A. J.; GÓMEZ, J. A.; MARTINEZ, E. R. **Eco-efficiency assessment of olive farms in Andalusia**. Land Use Policy, v. 29, 2. ed., p. 395-406, 2012.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO. **Desenvolvimento Humano e IDH**. 2006. Disponível em: <<http://www.pnud.org.br/idh/>>. Acesso em: jul. 2016.

REVISTA EXAME. **Os países que mais empregam em energia renovável: China é o 1º**. 2015. Disponível em: <<http://exame.abril.com.br/economia/os-paises-que-mais-empregam-em-energia-renovavel/>>. Acesso em: out. 2016.

_____. **Os 10 países com o sistema elétrico mais sustentável em 2015**. Disponível em: <<http://exame.abril.com.br/economia/os-10-paises-com-o-sistema-eletrico-mais-sustentavel-em-2015/>>. Acesso em: fev. 2017.

_____. **O mercado de energia renovável está radiante nos EUA**. 2015. Disponível em: <<http://exame.abril.com.br/economia/o-mercado-de-energia-renovavel-esta-radiante-nos-eua/>>. Acesso em: nov. 2016.

ROBAINA-ALVES, M.; MOUTINHO, V.; MACEDO, P. A new frontier approach to model the eco-efficiency in European countries. **Journal of Cleaner Production** xxx, p. 12, 2015.

SARKIS, J. Ecoefficiency Measurement Using Data Envelopment Analysis: research and practitioner issues. **Journal of Environmental Assessment Policy and Management**, v. 6, n. 1, p. 91-123, 2004.

SCHALTEGGER, S. *et al.* Environmental Management Accounting for Cleaner Production. **Eco-efficiency in Industry an Science**, v. 24. Netherlands: Springer, 2008.

SHIM, H. S.; EO, S. Y. An analysis of eco-efficiency in Korean fossil-fueled power plants using DEA. **Zero-Carbon Energy Kyoto 2009: proceedings of the first international**, p. 85-89, 2009.

SOARES, A. P.; SCARPA, F. **Pegada ecológica**: qual é a sua? São José dos Campos, SP, Inpe, 2012, 24p.

THE GUARDIAN. **As emissões de gases do efeito estufa e o setor agropecuário**. 2016. Disponível em: <<https://www.theguardian.com/international>>. Acesso em: set. 2016.

TYNKKYNEN, N.; AALTO, P. Environmental sustainability of **Russia's energy policy**. In: AALTO, P. (Org.). *Russia's energy policy: national, interregional and global levels*. Cheltenham: Edward Elgar, 2012. 272p.

ÜSTUN, A. K. Evaluating environmental efficiency of Turkish cities by data envelopment analysis. **Global NEST Journal**, v. 17, n. 2, p. 281-290, 2015.

VERISSIMO, A.; NUSSBAUM, R. Um resumo do status das florestas em países selecionados – nota técnica. **The Proforest Initiative**. Iamzon. 2011, 36p. Disponível em: <http://www.greenpeace.org/brasil/PageFiles/352953/academico3_portugues_baixa.pdf>. Acesso em: fev. 2017.

WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT – WBCSD. **A eco-eficiência**: criar mais valor com menos impacto. Lisboa: WBCSD, 1992.

ZHANG, B. *et al.* Eco-efficiency analysis of industrial system in China: a data envelopment analysis approach. **Ecological Economics**, p. 306-316, 2008.

ZHANG, K. *et al.* Implementing stricter environmental regulation to enhance eco-efficiency and sustainability: a case study of Shandong Province's pulp and paper industry China. **Journal of Cleaner Production**, n. 19, p. 303-310, 2011.