

ÍNDICE DE ECOEFICIÊNCIA E A REGRESSÃO TOBIT: UMA ANÁLISE ENTRE OS ANOS DE 1991 A 2012

Ecoefficiency index and the tobit regression: an analysis between the years from 1991 to 2012

Harine Matos Maciel

Economista. Doutora em Desenvolvimento e Meio Ambiente (UFC). Professora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia - IFCE. harinematos@yahoo.com.br

Ahmad Saeed Khan

Engenheiro Agrônomo. Ph.D em Economia Agrícola e Recursos Naturais pela Oregon State University, EUA. Professor do Prodepa/UFC e do Mestrado em Economia Rural da UFC. saeed@ufc.br

Leonardo Andrade Rocha

Economista. Doutor em Desenvolvimento Econômico pelo Instituto de Economia da Universidade Estadual de Campinas. Professor do Programa de Pós-Graduação em Ambiente, Tecnologia e Sociedade, da Universidade Federal Rural do Semiárido. leonardoandrocha@yahoo.com.br

Resumo: O objetivo desta pesquisa foi calcular o Índice de Ecoeficiência (IE) para 51 países através do método *Free Disposal Hull* (FDH) e a estimação de uma Regressão Tobit a fim de determinar as variáveis explicativas que tiveram maior impacto no IE. Verificou-se que o valor da ecoeficiência média diminuiu. Na classificação em relação ao IE, em todos os anos, o IE muito baixo obteve o maior número de países e o continente predominante foi a Ásia. Das variáveis explicativas utilizadas no modelo de regressão, a Formação Bruta de Capital Fixo, Consumo de Combustíveis Fósseis e Rendas de Carvão mostraram que possuem um efeito negativo sobre o escore de ecoeficiência, enquanto as variáveis Taxa de Alfabetização de Adultos e Qualidade do Governo geram um efeito positivo. Estes resultados mostram que alguns países passaram a assumir responsabilidade com os assuntos relativos ao meio ambiente, entretanto, insuficientes para transformar a realidade atual, mostrando que é necessário a ampliação do conhecimento acerca do assunto para propor melhores alternativas globais e locais, na busca para se alcançar a sustentabilidade tão necessária e urgente para as futuras gerações.

Palavras-chave: Ecoeficiência; recursos naturais; desenvolvimento; preservação.

Abstract: The objective of this research was to calculate the Eco-Efficiency Index (EI) for 51 countries using the Free Disposal Hull (FDH) method and the estimation of a Tobit Regression in order to determine the explanatory variables that had the greatest impact on IE. It was found that the value of the average eco-efficiency decreased. In the IE classification, in all years, very low IE was the largest number of countries and the predominant continent was Asia. From the explanatory variables used in the regression model, the Gross Formation of Fixed Capital, Consumption of Fossil Fuels and Coal Rents showed that they have a negative effect on the eco-efficiency score, while the Adult Literacy Rate and Government Quality variables generate a positive effect. These results show that some countries have assumed responsibility for environmental issues, but they are insufficient to transform the current reality, showing that it is necessary to increase the knowledge about the subject to propose better global and local alternatives, in the search to reach sustainability is so necessary and urgent for future generations.

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

1 INTRODUÇÃO

O conceito de crescimento econômico esteve, historicamente, relacionado a um aumento dos níveis de consumo o que acarretou pressões sobre o meio ambiente e os recursos que oferecem suporte à atividade humana.

Após as grandes Guerras Mundiais, as definições de crescimento econômico envolviam abordagens distintas, incluindo o progresso econômico, a revolução científica e tecnológica, a organização e a gestão do trabalho, e, os recursos naturais, conforme Lupan e Cozorici (2015) eram vistos como mercadorias livres com custo zero e em quantidades ilimitadas.

As inovações e os avanços tecnológicos que se seguiram, levaram os países industrializados, principalmente, a considerarem a medição do crescimento econômico, em termos de Produto Interno Bruto (PIB) entrando no que Lupan e Cozorici (2015) denominam de a “prisão do crescimento”, uma vez que a cada dia, o aumento da produção e do consumo determinava maior progresso econômico, ainda que com o comprometimento dos recursos naturais.

Na abertura da Conferência da “*Organization for Economic Cooperation and Development – OECD*” em 2000, em Roma, o Ministro do Meio Ambiente, Edo Ronchi (OECD, 2000), destaca:

[...] A produção e o modelo de consumo do século XX já não será capaz de continuar e se expandir no próximo século, porque não é sustentável, e há um risco real de graves crises ambientais globais, com grandes consequências econômicas e sociais. Para exemplificar suas preocupações, Ronchi afirma: “no século XX a população mundial levou apenas 100 anos para quadruplicar. O crescimento exponencial da população mundial, foi acompanhado de um vigoroso crescimento econômico, no qual a produção anual do mundo, estimada em 2,3 trilhões de dólares no início do século XX, subiu para 39 trilhões de dólares por ano. Bastou somente um século para que a produção tenha crescido a um fator de 17, ou seja, 4 vezes mais rápido do que a população. O intenso crescimento econômico baseou-se na exploração de combustíveis fósseis, cujo consumo aumentou de 628 milhões de toneladas equivalentes de petróleo, para 7,13 bilhões de toneladas. As emissões mundiais de dióxido de carbono (CO₂) subiram de 1,9 bilhões de toneladas em 1950, para 6,38 bilhões de toneladas, em 1998”.

A partir da década de 1980, as preocupações com as questões ambientais, retomam o cenário internacional, e para Lupan e Cozorici (2015) a ideia da dissociação entre o crescimento e o meio ambiente passa a ser reconhecida, ainda que sejam necessários alterar os conceitos e valores atuais, transformando as estruturas, com o objetivo de realocar a economia e a vida, impondo uma modificação profunda do consumo de bens, como forma de construir uma sociedade sustentável.

Para esses autores, um dos conceitos que incorporam esses fatores, é o de ecoeficiência que tem raízes no conceito de desenvolvimento sustentável e seu objetivo primordial é o uso sustentável dos recursos. Outros estudiosos, Kortelainen e Kuosmanen (2004) também concordam com essa ideia e afirmam que o conceito está relacionado com a noção mais abrangente de sustentabilidade.

O conceito de ecoeficiência é usado de diferentes formas, pois depende do contexto. Entretanto, sua definição concreta e mensuração dependem da identificação dos indicadores selecionados, de acordo com a OECD (2008).

Dentre os inúmeros conceitos disponíveis na literatura especializada, o mais notável é o do *World Business Council for Sustainable Development* (WBCSD) que adotou a ecoeficiência como um conceito útil em 1992, em seu Relatório Rio *Earth Summit* (SCHMIDHEINY, 1992) e, descreve a ecoeficiência como uma combinação da eficiência econômica e ecológica. Nesse sentido para o WBCSD (2000) o desenvolvimento ecoeficiente é alcançado através da produção de bens e serviços a preços competitivos, que satisfaçam as necessidades humanas e tragam qualidade de vida e, ao mesmo tempo, reduzam o impacto ambiental até um nível pelo menos igual à capacidade de sustentabilidade do recurso dada pelo planeta Terra.

Para Kortelainen e Kuosmanen (2004), existe um argumento prático em favor da ecoeficiência já que a definição é clara e intuitiva em nítido contraste com o conceito muito vagamente definido de sustentabilidade. Para esses estudiosos, a ecoeficiência refere-se à capacidade de produzir bens e serviços sem poluir o meio ambiente e usando o mínimo possível de energia e recursos naturais.

Todavia, a complexidade do conceito (UNITED NATIONS, 2009), mas também a possibilidade de se aproximar de vários pontos de vista,

levou a transformação da ecoeficiência de uma noção teórica pura em uma filosofia de gestão.

A ecoeficiência, destaca a United Nations (2009), exerce um papel importante ao expressar o quanto eficiente é a atividade econômica no que diz respeito a bens e serviços da natureza, e atua como um instrumento que está disponível para empresas e Estados-Membros a fim de reduzir a sua pegada ecológica e tornar-se mais responsável para com o ambiente e a sociedade.

A celebração do Protocolo de Quioto, em 1997, na Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças climáticas (UNFCCC), realizada em Quioto, no Japão, trouxe para os países signatários do acordo, o compromisso de reduzirem suas emissões de gases de efeito estufa na atmosfera e o aquecimento global. Atualmente, dos 196 países-membros da UNFCCC, 192 ratificaram o acordo, ou seja, eles se comprometeram a assumir as obrigações legais, tornando o Protocolo eficaz entre os participantes.

Nesse sentido, a ecoeficiência em nível macroeconômico, assume relevância ao poder contribuir para revelar e informar os decisores sobre a eficiência econômica e ambiental de seus países e, se são necessárias introduzir ou alterar novas políticas ambientais.

Ao reunir indicadores econômicos e ambientais à ecoeficiência pode-se responder ou, pelo menos iluminar, os estudiosos sobre a sustentabilidade desses países.

Ratificando a importância da medição da ecoeficiência Kortelainen e Kuosmanen (2004), destacam que esse procedimento é criticamente importante, pelo menos, por dois motivos: 1) a melhoria da ecoeficiência, muitas vezes é a maneira mais econômica de reduzir as pressões ambientais. Mesmo que a melhoria da eficiência como tal nem sempre seja suficiente para alcançar um nível sustentável de pressão ambiental, faz sentido econômico explorar essas opções tanto quanto possível; 2) as políticas para melhorar a ecoeficiência tendem a ser mais fáceis de justificar do que as políticas que restringem o nível de atividade econômica. Os autores reforçam, ainda, que as medidas de ecoeficiência são informações necessárias para a tomada de decisões.

Os estudos sobre a ecoeficiência ainda são pouco disseminados na literatura especializada, o que só reforça a justificativa para este estudo, cujo objetivo é analisar a ecoeficiência de 51 países, distribuídos nos cinco continentes, no período entre

1991 a 2012. Especificou-se um modelo de fronteira estocástica com variáveis econômicas e ambientais utilizando a metodologia *Free Disposal Hull* (FDH). E também estimou-se uma Regressão Tobit para analisar quais variáveis possuem o maior poder de explicação da ecoeficiência.

Espera-se que a ecoeficiência seja maior quando as emissões dos gases do efeito estufa diminuírem para o mesmo valor do Produto Interno Bruto. Além disso, este estudo pode responder a questões como: a ecoeficiência dos países melhorou desde o início dos anos de 1990? 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

O desenvolvimento sustentável é uma responsabilidade de todos os agentes da sociedade e para alcançá-lo são necessárias ações coletivas para proteger o meio ambiente, buscando opções de produção menos danosas aos recursos naturais. O conceito de ecoeficiência surgiu dessa necessidade.

A eficiência está diretamente relacionada à capacidade de realizar atividades com a menor quantidade de recursos possíveis; e ao combinarmos com o “eco”, que traz a ideia de natureza ou ecologia, implicaria em produzir mais enquanto estiver usando menos recursos e produzindo menos resíduos e poluição. Esta ideia passou a ser uma estratégia de negócio para as empresas, pois é avaliada em empresas e economias mundiais, nacionais e regionais. A ecoeficiência é um dos passos para se alcançar o desenvolvimento sustentável.

De acordo com Erkko et al. (2005) a ecoeficiência consiste na busca pelo desenvolvimento sustentável nos negócios, combinando eficiências econômicas e ambientais. Esta concepção requer estes dois lados, econômico e ambiental, que parecem opostos, já que durante muitos anos pensou-se que o lado ambiental prejudicaria os retornos financeiros dos negócios, e o conceito mostra que é possível trabalhar em conjunto com esses dois lados.

A década de 1990 consolidou o conceito, buscando assim diminuir a distância entre o avanço econômico e a utilização dos recursos da natureza, mostrando que é importante para as empresas adotarem este conceito, visto que na década passada, o que ocorria no âmbito ecológico eram o cumprimento

das leis ambientais, mas sem se importar com o meio ambiente, e sim, apenas com os retornos financeiros.

Para mensurar a ecoeficiência são utilizados indicadores que mostram como a atividade econômica se relaciona com os recursos da natureza, permitindo analisar o desempenho ambiental e econômico das atividades, e assim contribuir para a gestão ambiental.

Zhang et al. (2011) afirmam que a eficiência econômica e ambiental 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 aplicação da ecoeficiência tem se ampliado no auxílio à criação de políticas públicas, o que reforça a relevância do conceito na mensuração do desenvolvimento sustentável. Para Lehni (2000) a ecoeficiência é utilizada como indicador para quantificar o progresso de um país para o desenvolvimento sustentável, pois cada país possui suas especificidades e estas precisam ser compreendidas para que a busca pela ecoeficiência se torne predominante. Chen et al. (2008) afirmam que o governo em um país pode desempenhar um papel significativo em alcançar ecoeficiência. Porém, não só o governo tem essa obrigação, mas toda a população, pois todos impactam de forma negativa o meio ambiente ao usufruírem de produtos e serviços. É necessário que se busque o equilíbrio entre o consumo desenfreado e a limitação dos recursos naturais para que estes ainda possam ser utilizados pelas futuras gerações.

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 selecionados pela disponibilidade de dados para o período estudado. Os dados utilizados foram de origem secundária, periodicidade anual, obtidos no site do Banco Mundial, no período de 1991 a 2012.

3.2 Free Disposal Hull (FDH)

O modelo *Free Disposal Hull* (FDH) foi desenvolvido por Deprins, Simar e Tulkens (1984), e a análise determina uma fronteira da possibilida-

de de produção que representa a combinação dos melhores resultados observados em uma amostra, além de medir a relativa ineficiência dos produtores dentro da fronteira de possibilidade de produção, medida pela distância da fronteira.

Supondo uma amostra $\chi(n)$, Deprins, Simar e Tulkens (1984) propuseram um estimador que não impõe restrição de convexidade sobre θ , mas a suposição de livre disponibilidade. No método FDH, a eficiência orientada para os insumos é estimada ao comparar-se cada DMU, $i=1, \dots, N$, com todos as outras DMUs, $j=1, \dots, N$, que produzem, pelo menos, tanto quanto ela. O conjunto de pares de DMUs na amostra que satisfaz a condição x_{lj} maior ou igual a x_{li} , para qualquer l é denotado por B_i . Entre os pares de DMUs aquele que exibe o consumo mínimo de insumos serve como referência para i e $\hat{\theta}_i^{FDH}$ é calculado como o uso relativo dos insumos:

$$\hat{\theta}_i^{FDH} = \min_{j \in B_i} \left\{ \max_{k=1, \dots, K} \left\{ \frac{x_{kj}}{x_{ki}} \right\} \right\}$$

As DMUs que apresentam um consumo mínimo de insumos entre todos os seus pares serve como sua própria referência. Neste caso $\hat{\theta}_i^{FDH}$ assume o valor um. Todavia, até mesmo uma única DMU nos dados que apresente pequeno consumo de insumos pode tornar as demais ineficientes.

3.3 Definição das variáveis para o cálculo de ecoeficiência

A seleção das entradas (*inputs*) e saídas (*outputs*) do modelo foram baseadas no estudo de Robaina-Alves, Moutinho e Macedo (2015). Os *inputs* utilizados: Emprego Total: mostra o número total de pessoas com idade entre 15 anos ou mais que estão trabalhando; Área de Floresta: área de terras naturais ou plantadas de árvores de pelo menos 5m², seja produtivo ou não, e exclui árvores em sistemas de produção agrícola e árvores em parques e jardins urbanos; Consumo de Energias Renováveis: é a quota de energia renovável do consumo final.

Os *outputs* utilizados: 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; 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, 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. O cálculo foi realizado no programa estatístico Stata 12.0.

O índice de ecoeficiência (IE) varia entre 0 e 1. Quanto mais próximo de 1, mais ecoeficiente é o país. Dentro destes limites e com base no estudo de Robaina-Alves, Moutinho e Macedo (2015), optou-se por estabelecer os seguintes critérios:

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

3.4 Regressão Tobit

Este trabalho apresenta um modelo que combina a técnica de FDH e a regressão Tobit para identificar quais variáveis do modelo proposto influenciam o índice de ecoeficiência dos países em estudo.

A regressão Tobit foi desenvolvida por James Tobin (1958). Segundo Amemiya (1984) a base do modelo Tobit é similar à regressão de mínimos quadrados, mas assume uma distribuição normal truncada ou censurada e torna-se um eficiente método para estimar a relação entre uma variável dependente truncada ou censurada e outras variáveis explanatórias.

De posse dos escores de ecoeficiência de cada país estudado e de certas variáveis que possam explicar as diferenças na ecoeficiência entre eles, definiu-se o seguinte modelo de regressão:

$$\text{Log}(1/IE) = \beta_0 + \beta_1 \text{LogRT} + \beta_2 \text{LogFBCF} + \beta_3 \text{LogCCF} + \beta_4 \text{LogTAA} + \beta_5 \text{LogQG} + \beta_6 \text{LogRC} + u_i$$

em que Log (1/IE) é o logaritmo da inversa do escore de ecoeficiência do i-ésimo país; β indica os parâmetros a serem estimados, e é um indicador de elasticidade que fornece a participação relativa de cada variável na ecoeficiência de cada país; os LogXs representam logaritmos das variáveis explicativas; o termo u é o erro estocástico, que se pressupõe ter média 0 e variância constante. Tendo em vista que a inversa do escore de eficiência (1/ ϕ), tem valor limitado entre 0 e 1, torna-se necessário utilizar o modelo Tobit para estimar os parâmetros da regressão.

A variável dependente utilizada foi o índice de ecoeficiência (IE) e as variáveis explicativas foram o Rebanho Total/Área Rural (RT); Formação Bruta de Capital Fixo (FBCF), Consumo de Energias de Combustíveis Fósseis (% do total de energia utilizada) (CCF); Taxa de Alfabetização de Adultos (TAA), população de 15 anos ou mais, ambos os sexos (%); Qualidade do Governo (QG) (varia entre 0 e 1, consiste no valor médio das variáveis Corrupção, Lei e Ordem e Qualidade da Burocracia, valores mais altos indicam melhor qualidade do governo) e Rendas de Carvão (RC) (% do PIB). Os dados foram obtidos no site do Banco Mundial, ano de 2012, para os 51 países que participaram da amostra. O programa estatístico utilizado para o cálculo da Regressão Tobit foi o Stata 12.0.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Índice de ecoeficiência (IE)

O índice de ecoeficiência (IE) varia entre 0 e 1, quanto mais próximo de 1 mais ecoeficiente é o país, ou seja, ele está se comprometendo a dar importância, não somente às variáveis econômicas, mas também 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 1, verifica-se que a ecoeficiência média diminuiu, passando de 0,4160 no ano de 1991 para 0,3276 em 2012 (taxa de crescimento de -21,24%). Os valores mínimos, 0,0086 (1991) e 0,0132 (2012), aumentaram (53,48%) e os valores no ano de 1991 da mediana mostraram que 50% dos países da amostra obtiveram o valor da ecoeficiência superior a 0,30, no entanto em 2012 esse valor diminuiu para 0,22, demonstrando assim que, em geral, os resultados

referentes ao índice de ecoeficiência diminuíram ao longo do período estudado, confirmando, possivelmente, que os países não estão de fato com-

prometidos em diminuir os impactos ambientais causados pelas atividades produtivas, aumento populacional e de consumo.

Tabela 1 – Estatística descritiva do índice de ecoeficiência para os anos de 1991, 1996, 2000, 2004, 2008, 2010 e 2012

Estatísticas	Índice de Ecoeficiência (IE)						
	1991	1996	2000	2004	2008	2010	2012
Mínimo	0,0086	0,0084	0,0062	0,0103	0,0116	0,0117	0,0132
Máximo	1	1	1	1	1	1	1
Média	0,4160	0,4049	0,3890	0,3620	0,3431	0,3313	0,3276
Mediana	0,3098	0,2912	0,2771	0,2568	0,2366	0,2218	0,2296

Fonte: elaborada pelos autores com base nos resultados da pesquisa.

Examinando os escores de ecoeficiência dos países por ordem decrescente de taxa de crescimento, Tabela 2, para os anos de 1991, 1996, 2000, 2004, 2008, 2010 e 2012, nota-se que apenas nove 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 foram os únicos que obtiveram valor máximo em todos os anos estudados.

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 melhores índices, percebe-se que há essa dominância, no entanto, os países em desenvolvimento também alcançaram bons resultados, como Uruguai, Nicarágua e Honduras, 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 a qual afirma que nos países desenvolvidos, a partir de um certo ponto, através do aumento da renda e do nível educacional ocorrerá, inevitavelmente, uma diminuição da degradação ambiental. Em consonância com esta ideia, muitos autores desenvolveram estudos nessa perspectiva, Beckerman (1992) defendeu que a melhor maneira de atingir a qualidade ambiental seria o país se tornar rico. 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.

No estudo 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 foram Suécia, Reino Unido e França.

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 estudo de Camarero et al. (2012) corroboram 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.

A Noruega, país desenvolvido, obteve resultados positivos referentes às variáveis econômicas, já que o PIB quase dobrou nos anos analisados e o emprego total aumentou 31,30%. Com relação às variáveis ambientais, o consumo de energias renováveis diminuiu 4,55%, apesar de ter melhorado sua classificação no ranking, passando da décima quarta posição no ano de 1991 para a nona no ano de 2012, e nas emissões totais dos gases do efeito estufa, o país figura entre os vinte países da amostra que menos poluem, diminuindo 1,17% suas emissões.

Tabela 2 – Índice de ecoeficiência por ordem decrescente de taxa de crescimento para os 51 países nos anos de 1991, 1996, 2000, 2004, 2008, 2010 e 2012

Países	1991	1996	2000	2004	2008	2010	2012	Taxa de Crescimento
Índice de Ecoeficiência (IE)								(%)
Cuba	0,3597	0,4237	0,4495	0,4404	0,5115	0,5313	0,5671	57,65
Índia	0,0086	0,0084	0,0062	0,0103	0,0116	0,0117	0,0132	53,48
Tailândia	0,0496	0,0562	0,0588	0,0558	0,0664	0,0706	0,0744	50,00
Turquia	0,0848	0,0920	0,0997	0,1049	0,1210	0,1209	0,1196	41,03
Canadá	0,1169	0,1324	0,1317	0,1252	0,1462	0,1568	0,1636	39,94
Argentina	0,1225	0,1505	0,1517	0,1334	0,1512	0,1602	0,1660	35,51
Austrália	0,2008	0,2174	0,2212	0,2112	0,2366	0,2461	0,2500	24,50
Marrocos	0,2173	0,2182	0,2238	0,2090	0,2477	0,2599	0,2678	23,23
Rússia	0,1315	0,1239	0,0929	0,1477	0,1589	0,1424	0,1595	21,29
Indonésia	0,0213	0,0210	0,0214	0,0215	0,0246	0,0252	0,0258	21,12
Nepal	0,1680	0,1738	0,1702	0,1632	0,1930	0,1989	0,2032	20,95
África do Sul	0,1727	0,1615	0,1671	0,1641	0,1782	0,2012	0,2071	19,91
Bangladesh	0,0337	0,0349	0,0352	0,0331	0,0380	0,0393	0,0404	19,88
Brasil	0,0251	0,0258	0,0261	0,0240	0,0274	0,0285	0,0291	15,93
Suécia	0,8379	0,9321	0,9068	0,9167	0,9258	0,9484	0,9509	13,48
Chile	0,3308	0,3400	0,3599	0,3415	0,3724	0,3708	0,3708	12,09
Nigéria	0,0543	0,0558	0,0555	0,0526	0,0588	0,0594	0,0602	10,86
França	0,9191	0,8581	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	8,80
Filipinas	0,0693	0,0685	0,0718	0,0659	0,0738	0,0737	0,0748	7,93
Paraguai	0,6598	0,6532	0,6809	0,6227	0,6338	0,7232	0,7087	7,41
Bolívia	0,5832	0,5920	0,5773	0,5330	0,5918	0,6032	0,6140	5,28
China	0,0147	0,0136	0,0096	0,0156	0,0156	0,0142	0,0154	4,76
Venezuela	0,2249	0,2261	0,2172	0,1998	0,2147	0,2259	0,2315	2,93
Equador	0,4030	0,4001	0,3900	0,3412	0,4037	0,4087	0,4139	2,70
México	0,0566	0,0523	0,0507	0,0500	0,0545	0,0567	0,0577	1,94
Gana	0,2805	0,2795	0,2701	0,2497	0,2727	0,2794	0,2833	0,99
Noruega	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,00
Uruguai	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,00
Camarões	0,3645	0,3727	0,3528	0,3162	0,3498	0,3458	0,3523	-3,34
Honduras	0,7286	0,6715	0,6744	0,7951	0,8420	0,7963	0,7234	-0,71
Nicarágua	0,8829	0,8600	0,8344	0,7682	0,8194	0,8966	0,8730	-1,12
Congo	0,1204	0,1184	0,1171	0,1067	0,1173	0,1172	0,1177	-2,24
Angola	0,3932	0,3894	0,3819	0,3455	0,3869	0,3792	0,3829	-2,61
Moçambique	0,2795	0,2628	0,2537	0,2329	0,2636	0,2651	0,2713	-2,93
Senegal	0,5569	0,5536	0,5422	0,4915	0,5421	0,5408	0,5366	-3,64
Paquistão	0,0518	0,0534	0,0517	0,0464	0,0492	0,0490	0,0498	-3,86
Sudão	0,3098	0,2928	0,2847	0,2580	0,2850	0,2868	0,2910	-6,06
Peru	0,1991	0,1825	0,1783	0,1699	0,1780	0,1806	0,1856	-6,78
Colômbia	0,1494	0,1429	0,1336	0,1182	0,1369	0,1367	0,1392	-6,82
Grécia	0,8507	0,4354	0,4607	0,4560	0,5424	0,6064	0,7673	-9,80
Guatemala	0,4849	0,5020	0,4803	0,4457	0,4641	0,4650	0,4311	-11,09
Portugal	0,8128	0,5830	0,3943	0,4009	0,4950	0,5502	0,6332	-22,09
Bélgica	1,0000	1,0000	1,0000	0,4943	0,5747	0,6085	0,6458	-35,42
Egito	0,3593	0,3084	0,2771	0,2500	0,2376	0,2335	0,2296	-36,09
Estados Unidos	0,1099	0,0961	0,0598	0,0957	0,0764	0,0636	0,0653	-40,58
Países Baixos	1,0000	1,0000	1,0000	0,2611	0,2800	0,3224	0,3435	-65,65
Espanha	1,0000	1,0000	0,5089	0,1125	0,1247	0,1455	0,1651	-83,49
Reino Unido	0,8117	1,0000	1,0000	0,4489	0,2072	0,1474	0,1189	-85,35
Itália	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,5771	0,1212	0,1305	-86,95
Alemanha	0,6053	0,5166	0,4116	0,0903	0,0659	0,0701	0,0741	-87,75
Japão	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,1338	0,1059	0,1154	-88,46

Fonte: elaborada pelos autores com base nos resultados da pesquisa.

Na segunda metade do século XX, com o desenvolvimento da indústria do petróleo, a Noruega emergiu como um dos países mais desenvolvidos do mundo. É uma nação voltada para a navegação,

pois tem uma das maiores frotas mercantes mundiais. O país é o segundo maior fornecedor de produtos energéticos, depois da Rússia, incluindo petróleo e gás natural da União Europeia. Além disso,

a Noruega está entre os cinco melhores países em uma série de medidas ambientais. O país é o segundo, atrás apenas da Suécia, em emissões por PIB de apenas 109,3 toneladas por milhão de dólares (muito melhor do que a média da OCDE, de 352,1 mil toneladas), possui um dos maiores recursos hidrelétricos do continente Europeu e também é o segundo país quando se trata de água, retirando apenas 0,8% dos seus recursos totais de água doce renovável e posiciona-se em quinto lugar no Índice de Saúde dos Oceanos, que avalia os ecossistemas marinhos (MONTEPIO, 2015, p. 3; 14)

O Uruguai, país em desenvolvimento, não possui um PIB com valor significativo, quando comparado com outros países da amostra, mas obteve um crescimento de 98,06% durante o período estudado. Com relação ao emprego total, os uruguaios aumentaram 25,76%. Nas variáveis ambientais, o Uruguai alcançou resultados mais significativos. A área de florestas não é muita extensa, já que é um país pequeno, porém esta área aumentou 107,81%, contribuindo assim para um ar mais limpo, menos poluído, além de auxiliar a regular o clima e o solo.

O consumo de energias renováveis dos uruguaios cresceu apenas 6,04%, passando da vigésima posição no ano de 1991 para a décima sexta no ano de 2012. O país figura entre os dez 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. Freire (2015) afirma que o Uruguai é, atualmente, o país do continente com maior desenvolvimento e investimentos estrangeiros em energias renováveis, e também com a maior capacidade instalada eólica *per capita* no ano de 2014.

O Uruguai tem como principais fontes de energia o petróleo e seus derivados, apesar disso, nos últimos anos houve um aumento na geração de energias renováveis. A política de energia 2005-2030 do Uruguai foi transformada em uma política de Estado que estabelece as principais diretrizes no campo de energia em todo o país com uma visão de longo prazo. A política energética compromete-se fortemente com a diversificação da matriz energética, e, em particular, de energias renováveis. Esta aposta tem vários objetivos, entre os quais, alcançar a soberania energética, a redução de custos de eletricidade, a ativação do setor nacional de energia, redução da dependência de óleo e diminuição dos impactos ambientais (INS-

TITUTO DE PROMOCIÓN DE INVERSIONES Y EXPORTACIONES, 2013, p.10).

Os países que atingiram as maiores taxas de crescimento do índice de ecoeficiência foram Cuba (57,65%) e Índia (53,48%). Cuba aumentou o PIB, emprego total e área de florestas. As florestas cubanas passaram a ser mais protegidas após as alterações na legislação florestal ocorridas no ano de 1998, fortalecendo assim o desenvolvimento de uma política ambiental e ampliando a participação do país em tratados internacionais que possuem relevância para as florestas, além de modernizar tecnologias voltadas para a sustentabilidade.

Apesar dos cubanos terem aumentado 2,84% as emissões totais dos gases do efeito estufa, o país melhorou seis posições, passando de décimo quinto menor emissor em 1991 para nono no ano de 2012. Conforme a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças do Clima (UNFCCC, 2015) a contribuição de Cuba para as emissões globais de gases de efeito estufa é mínima, mas apesar do baixo impacto das emissões e da prioridade, o país vem desenvolvendo e financiando ações de mitigação relacionadas ao uso de energias renováveis, eficiência energética e reflorestamento.

A Índia alcançou a segunda maior taxa de crescimento devido ao aumento no PIB (291,45%), emprego total (47,64%) e na área de florestas (9,46%). Na Índia, de acordo com Ravindranath et al. (2012) as políticas florestais progressivas e os programas contribuíram significativamente para aumentar a arborização e as áreas de florestas. O país é, portanto, um dos poucos países tropicais nos quais a cobertura florestal se estabilizou ou aumentou. Os fatores que contribuem para a estabilização da cobertura florestal, bem como os estoques de carbono, incluem: legislações, reflorestamento e programas como silvicultura social, gestão conjunta da floresta e consciência e participação da comunidade.

Quando se trata do consumo de energias renováveis (-32,15%) e as emissões totais dos gases do efeito estufa (108,06%) dos indianos, os resultados são negativos para o meio ambiente. Uma das principais causas desses resultados são os constantes desmatamentos ainda ocorridos em terra indianas, apesar do aumento da cobertura florestal nos últimos anos.

A Índia está buscando uma rápida expansão no fornecimento e geração de energia e de fontes não renováveis, conseqüentemente, as emissões de gases do efeito estufa aumentam drasticamente. Atte-

ridge et al. (2009) afirmam que a estratégia da Índia para lidar com as mudanças climáticas é prosseguir com o desenvolvimento já estabelecido em seu Plano de Ação Nacional sobre Mudanças Climáticas, lançado em 2008. O principal objetivo é reduzir a intensidade das emissões em 20% até o ano de 2017.

Os países com as menores taxas de crescimento do índice de ecoeficiência foram Japão (-88,46%) e Alemanha (-87,75%). Estes resultados ocorreram devido a mudanças extremas nos valores dos índices. O Japão nos primeiros anos da análise atingiu o valor máximo do índice, porém nos últimos anos o valor caiu para 0,11. Houve queda nos valores do emprego total (-0,93%) e no consumo de energias renováveis (-2,28%), e aumento no PIB (18,37%), área de florestas (0,08%) e emissão total de gases do efeito estufa (12,13%).

O governo japonês no ano de 2013 lançou algumas ações com o objetivo de combater o aquecimento global através da aceleração e difusão de tecnologias que reduzam as emissões de gases de efeito estufa e o crescimento econômico ao mesmo tempo. Segundo Kauffmann Less e Teichmann (2012), o Japão introduziu relatórios obrigatórios anuais de emissões de gases do efeito estufa no ano de 2006 para as empresas, buscando assim aumentar a conscientização das empresas sobre a necessidade de contribuir para ações de mudanças climáticas e poupança de energia, além de disponibilizar informações relacionadas às emissões para outras partes interessadas, principalmente, os investidores.

A expansão do uso das energias renováveis é um dos principais objetivos do governo japonês, mas que ainda não foi possível alcançar. O país possui poucas fontes de energia advindas dos combustíveis fósseis e por isso importa grandes quantidades, mas investiu em tecnologias de energia na busca por promover a diversificação de seus recursos energéticos.

O índice de ecoeficiência da Alemanha no ano de 1991 foi de 0,60 e no ano de 2012 caiu para 0,07, devido, principalmente, às emissões de gases do efeito estufa. A Alemanha é uma potência econômica mundial, pertencente à União Europeia, e suas políticas ambientais necessitam estar alinhadas às políticas dos outros países integrantes, já que os esforços necessitam ser feitos dentro de toda a comunidade para gerar um quadro que incentive nos próximos anos a neutralidade das emissões de gases do efeito estufa.

Para o Federal Environment Agency (2013), o objetivo climático acordado internacionalmente só pode ser cumprido se todos os países reduzirem suas emissões de gases de efeito estufa. Para as nações industriais, como a Alemanha, isso significaria que elas deveriam se tornar quase neutras em gases de efeito estufa e reduzir suas emissões de 80 a 95% em relação ao ano de 1990. Mas, segundo o Conselho Mundial de Energia (WORLD ENERGY COUNCIL, 2016) a Alemanha ainda vai depender de um mix de energia que também inclui não renováveis durante décadas, a fim de conseguir uma transição segura para um sistema de energia com baixa emissão de carbono.

Os piores resultados dos índices foram alcançados pela Índia (IE médio = 0,010, tabela A no apêndice) e China (IE médio = 0,0141) 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.

Diversos países que estão em constante crescimento econômico demandam muita energia e consequentemente emitem mais gases do efeito estufa, já que o objetivo é utilizar fontes de energias mais econômicas, sem se preocupar com os impactos causados ao meio ambiente a curto, médio e longo prazos. Segundo Delgado e Febraro (2017) a China é o maior consumidor de energia do mundo, respondendo por 23% do consumo global de energia no ano de 2016. Destacando-se a grande participação da indústria pesada na economia, e esta demanda muita energia. A necessidade de desenvolvimento de infraestrutura na China depende fortemente dos setores intensivos em energia. O país é o maior influenciador de tendências globais de crescimento de consumo de energia desde os anos 2000 e essa tendência seguirá até 2020, quando deve ser ultrapassada pela Índia. Pela teoria dos recursos naturais, utiliza-se, primeiramente, o recurso mais abundante, e, por conseguinte, mais barato. Por isso, a China insiste em uma matriz energética focada em carvão, seguida pela participação do óleo bruto e geração hidrelétrica.

De acordo com dados da IEA (2016), a matriz energética chinesa tem evoluído com o declínio da participação do carvão, que foi de 66% em 2014

e está projetada para chegar a 42% em 2035; com o aumento da participação do gás natural, mais que duplicando para 11% da matriz energética em 2035; e com o aumento da participação de óleo cru de 20% para 22%. As energias renováveis estão aumentando sua participação consideravelmente (crescimento de 695%), assim como a nuclear e hidroelétrica, com crescimento de 644% e 38%, respectivamente. Graças a esse expressivo aumento da geração nuclear, a China responderá, em 2035, por 31% de toda a geração nuclear do mundo (DELGADO; FEBRERO, 2017, p.6).

A Índia diminuiu o consumo de energias renováveis, 54% (1991) para 48% (2012), apesar de estar investindo em sua expansão. Um dos complicadores é que uma das maiores reservas de carvão do mundo é indiana e o país continua a utilizá-la 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.

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, através de geração de energia, desmatamentos e atividades de mineração.

O Brasil classificou-se como o quarto pior país em todos os anos analisados, 1991 (IE = 0,0251) e em 2012 (IE = 0,0291), obtendo apenas um aumento em torno de 16% nos anos estudados. Estar entre os cinco países que mais emitem gases do efeito estufa contribuiu para este mal 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 atender ao consumo de energias renováveis no Brasil, mostrando-se

urgente a necessidade de um maior esclarecimento da importância do uso dessas energias, além de estímulos através de políticas públicas para que empresas e sociedade em geral tornem-se adeptos e defensores ao uso da energia renovável.

As áreas florestais brasileiras diminuíram, passando de 63,90% nos anos de 1990 para 58,07% no final do período analisado, o país perdeu 984 mil hectares de florestas, 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.

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, a variável econômica, PIB, aumentou durante todo o período analisado, além de ser o maior PIB de todos os países da amostra.

Quanto ao consumo de energias renováveis, os resultados norte-americanos ainda não são muito relevantes. Nos anos de 1990, a média de consumo foi de 4,65% e nos anos 2000 houve uma melhora passando para 6,25%. Os Estados Unidos têm o objetivo de desenvolver a sua matriz energética, principalmente, na produção e consumo de energia renovável, e assim contribuir para a diminuição do aquecimento global.

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 (USDA, 2015, p.7).

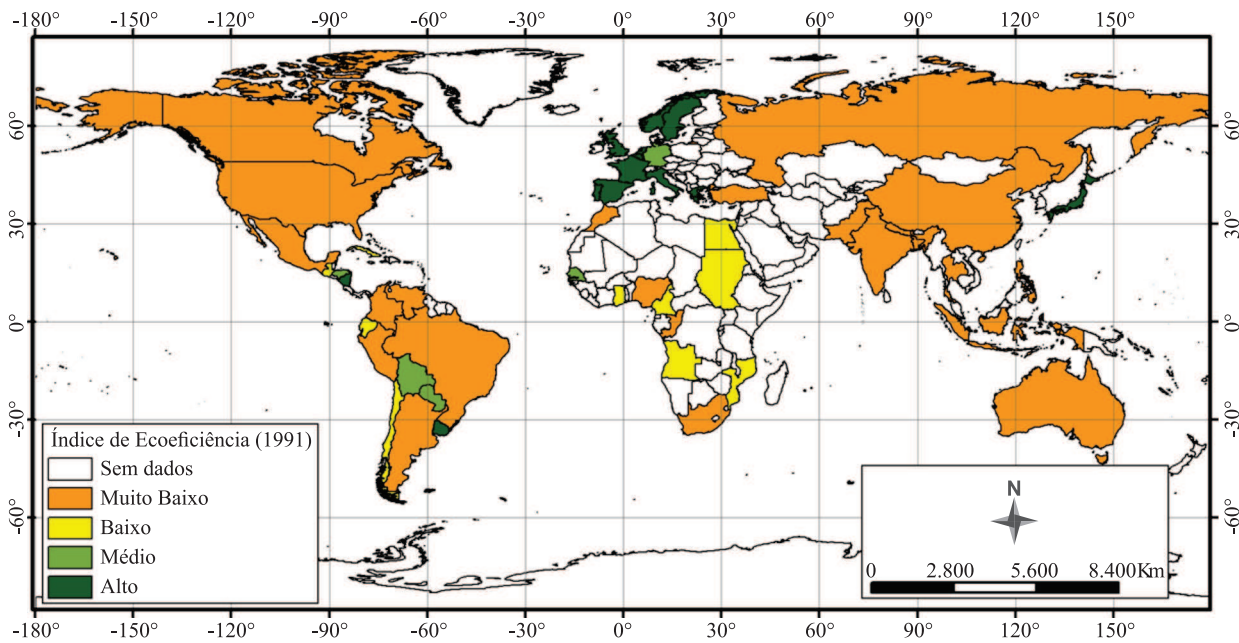
Os níveis de eficiência norte-americanos continuaram a não alcançar resultados satisfatórios, devido, principalmente, às novas políticas de estímulo às indústrias do carvão adotadas pelo novo presidente. Houser, Bordoff e Marsters (2017) afirmam que Donald Trump fez campanha

com uma promessa de reverter os regulamentos ambientais adotados pela administração de Obama e gerar um renascimento na produção e no emprego de carvão dos Estados Unidos.

Os mapas 1 e 2 mostram um parâmetro geral da classificação do IE para os anos de 1991 (ano inicial)

e 2012 (ano final). Em todos os anos analisados, o IE muito baixo obteve o maior número de países, em torno de 55% da amostra. No ano de 1991, Mapa 1, o maior número de países se concentrou no IE muito baixo (23) e em segundo lugar no IE alto (13).

Mapa 1 – Classificação do índice de ecoeficiência para os 51 países no ano de 1991

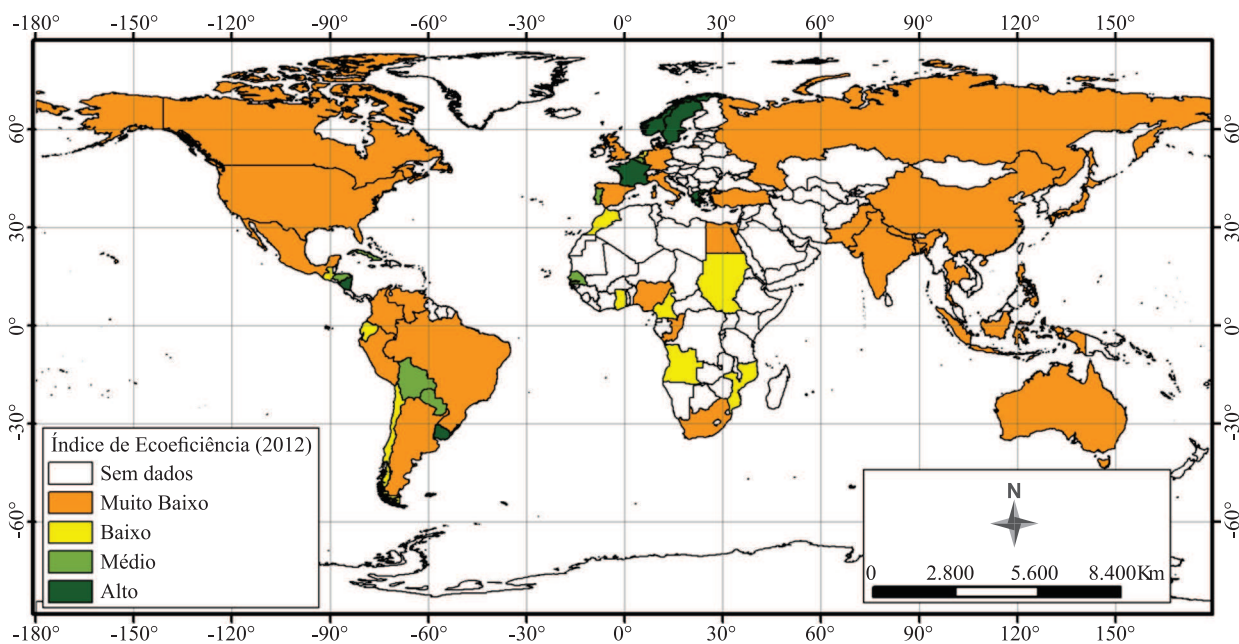


Fonte: elaborada pelos autores com base nos resultados da pesquisa.

Em 2012, mapa 2, o IE muito baixo continuou integrando o maior número de países, inclusive com aumento (28), mas o segundo intervalo com o

maior número de países passou a ser ocupado pelo IE baixo (10).

Mapa 2 – Classificação do índice de ecoeficiência para os 51 países no ano de 2012



Fonte: elaborada pelos autores com base nos resultados da pesquisa.

O IE muito baixo obteve um aumento entre os anos de 1991 (23 países) e 2012 (28 países). No ano de 1991, os continentes predominantes foram o americano (8 países como Brasil, Estados Unidos e Canadá) e asiático (8 países como Índia, China e Nepal). Ao final do período estudado ocorreram mudanças significativas. O continente asiático passou a predominar com 10 países, o americano ocupou a segunda posição com os mesmos 8 países e o continente europeu que no ano de 1991 só obteve um país, este era a Rússia, passou a ser composto por 5 países, Itália, Alemanha, Espanha e Reino Unido.

A quantidade de países que atingiu o IE baixo manteve-se quase inalterada durante todo o período analisado. Os países do continente africano predominaram nesse intervalo, em torno de 70%, como Moçambique, Angola, Gana e Sudão. Já o grupo do 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 manteve-se com elevados índices de ecoeficiência, com países como a Noruega, Suécia e França.

No período inicial de análise, ano de 1991, os países com IE muito baixo que estão em desenvolvimento como o Brasil, China, Índia e México são 73,91%, já os países ricos como os Estados Unidos, Canadá e a Austrália são 17,39%, e os pobres como Congo e Nepal são 8,7%. Já no ano de 2012, o IE muito baixo é composto por 50% de países em desenvolvimento, 32% desenvolvidos, e o res-

tante, 13% são pobres. Revelando que tanto países ricos como pobres estão poluindo o ambiente, porém, os países ricos e emergentes, em uma parcela bem maior, já que produzem mais e assim emitem mais gases causadores do efeito estufa.

Ao final do período analisado, 2012, nota-se que houve uma diminuição apenas nos países classificados com o IE alto e aumento nos estratos de IE muito baixo e médio. Estes resultados mostram que alguns países passaram a assumir responsabilidade com os assuntos relativos ao meio ambiente, entretanto insuficientes 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.

4.2 Análise Econométrica

A regressão Tobit foi realizada com o objetivo de verificar as variáveis significantes para o índice de ecoeficiência dos países (pelo software Stata 12.0).

Os resultados da regressão estão detalhados na Tabela 3. Das seis variáveis utilizadas, cinco mostraram-se significantes ao nível de porcentagens diferenciadas. O Rebanho Total/Área Rural (RT) foi a única variável que não se mostrou significante, apesar de ser uma importante fonte emissora de gases do efeito estufa. O sinal do coeficiente obtido foi o esperado, negativo, mostrando que o aumento do rebanho pode vir a diminuir o índice de ecoeficiência (IE).

Tabela 3 – Resultados da regressão Tobit

Variáveis	Coefficiente	Erro Padrão	t	P > t
Constante	-0,1055174	0,2424075	-0,44	0,665
RT	-0,0001337	0,0003888	-0,34	0,733
FBCF	$-2,06e^{-13}$	$8,56e^{-14}$	-2,41	0,020**
CCF	-0,006398	0,00176	-3,64	0,001**
TAA	0,0083625	0,0035594	2,35	0,023**
QG	0,401178	0,2099754	1,91	0,062*
RC	-0,1964907	0,0614907	-3,20	0,003**
Num de obs		51		
Log likelihood		-4.0489455 (modelo completo)		
LR chi2 (5)		26.94		
Prob > chi2		0,0001		
Pseudo-R2		0,7688		

Fonte: elaborada pelos autores com base nos resultados da pesquisa.

*p < 0,10; **p < 0,05; ***p < 0,01

O teste de Razão de Verossimilhança qui-quadrado (*LR chi2*) consiste que pelo menos um dos coeficientes de regressão não seja igual a zero no modelo. Ao verificar que o modelo apresentado é globalmente válido, indica-se que os coeficientes estimados apresentam, conjuntamente, ajustamento satisfatório.

A $\text{Prob} > \text{chi}^2$ é a probabilidade de obter uma estatística de teste LR tão extremo quanto, ou até mais, do que a observada sob a hipótese nula (todos os coeficientes de regressão do modelo são iguais a zero). É a probabilidade de obter a estatística qui-quadrado (26,94) se há de fato nenhum efeito das variáveis de previsão.

O p-valor do teste afirma que pelo menos um dos coeficientes de regressão do modelo não é igual a zero. O Pseudo- R^2 (0,729) corroboram com a indicação do bom ajustamento do modelo aos dados observados. Apesar de que para analisar o grau de ajuste em uma regressão Tobit é mais indicado o teste de Razão de Verossimilhança qui-quadrado (*LR chi2*), já que a interpretação do pseudo- R^2 não é a mesma do R^2 , porém, com cautela, pode-se analisar como uma aproximação da variação da variável dependente sobre a variável independente.

A interpretação dos coeficientes β não são tão diretos quanto feitos em uma regressão linear, pois mudanças nas variáveis explicativas têm efeito não só sobre a média da variável se dentro do limite determinado, mas também sobre a probabilidade de estar dentro do limite. Apesar das limitações, os resultados indicam que as variáveis Formação Bruta de Capital Fixo (FBCF), Consumo de Combustíveis Fósseis (CCF) e Rendas de Carvão (RC) possuem um efeito negativo sobre o escore de eficiência, enquanto as variáveis Taxa de Alfabetização de Adultos (TAA) e Qualidade do Governo (QG) geram um efeito positivo.

Pode-se concluir que as variáveis FBCF, CCF e RC impactam negativamente no índice de ecoeficiência (IE) a uma significância de 5%. Ou seja, quanto maior for a formação bruta de capital fixo, quanto mais as empresas aumentarem seus bens de capital, bens que servem para produzir outros bens, a tendência é que o IE diminua. Aumentando o consumo de combustíveis fósseis há uma diminuição do IE, o mesmo ocorre com as rendas advindas de carvão.

As constatações do modelo econométrico mostram que a Taxa de Alfabetização de Adultos (TAA – a um nível de 5%) e a Qualidade do Governo (QG

– a um nível de 10%) impactam de forma positiva no IE e mostraram-se significantes. Um aumento na TAA incorre em um aumento do IE, já que espera-se que quanto mais educada for a população, mais consciência ecológica estas terão, auxiliando assim na diminuição dos impactos causados ao meio ambiente pelo ser humano. A QG aumentando, também se espera que o IE aumente, pois um governo menos corrupto, que segue as leis e com a burocracia na medida, que não atrapalhe o dia a dia das empresas e dos consumidores, é esperado que tenham uma maior preocupação com a preservação dos recursos naturais para as futuras gerações.

5 CONCLUSÕES E SUGESTÕES

Os resultados referentes ao índice de ecoeficiência (IE) ao longo dos anos de estudos, mostram que o valor médio diminuiu. Uruguai e Noruega alcançaram o valor máximo do IE em todos os anos analisados. Os piores resultados do IE foram alcançados pela Índia e a China. O Brasil classificou-se como o quarto pior país e estar entre os cinco países que mais emitem gases do efeito estufa contribuiu para este mal resultado.

Os Estados Unidos foram piorando o seu resultado durante o período analisado, ocupando a nona pior classificação. Até o ano de 2003, os Estados Unidos eram o maior emissor dos gases do efeito estufa, porém a partir de 2004 perdeu esse posto para a China.

Em relação à 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. No ano de 1991, o maior número de países se concentrou no IE muito baixo seguido pelo IE alto. Já em 2012 essa situação se modificou, o IE muito baixo continuou integrando o maior número de países, inclusive com aumento, mas o segundo intervalo, com o maior número de países, passou a ser ocupado pelo IE baixo.

No ano de 1991, os continentes predominantes no IE muito baixo foram o americano e o asiático. Ao final do período estudado, ocorreram mudanças significativas. O continente asiático passou a predominar e o continente europeu que no ano de 1991 só obteve um país, a Rússia, passou a ser composto por 5 países.

Os resultados referentes à regressão Tobit indicaram que as variáveis Formação Bruta de Capital Fixo (FBCF), Consumo de Combustíveis Fósseis (CCF) e Rendas de Carvão (RC) possuem um efei-

to negativo sobre o IE, enquanto as variáveis Taxa de Alfabetização de Adultos (TAA) e Qualidade do Governo (QG) geram um efeito positivo.

Esses resultados sugerem 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.

O estudo revela também que tanto países ricos, como os emergentes e pobres estão poluindo o ambiente, porém, os países ricos e emergentes, estão poluindo em uma parcela bem maior, já que produzem mais, e assim emitem mais gases causadores do efeito estufa, pois ainda são muito dependentes de combustíveis fósseis.

Uma das principais conclusões dos resultados obtidos é de que mesmo com os compromissos internacionais de cooperação entre os países com o objetivo de combater o aquecimento global, como o Protocolo de Quioto, estes, muitas vezes, não entram em consenso sobre suas metas de diminuição de emissões ou não buscam colocá-las em prática.

A 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.

REFERÊNCIAS

AMEMIYA, Takeshi. Tobit models a survey. Stanford University, Stanford, USA. **Journal of Econometrics**, p. 3-61, 1984.

ATTERIDGE, Aaron; AXBERG, Göran Nilsson; GOEL, Nitu; KUMAR, Atul; LAZARUS, Michael; OSTWALD, Madelene; POLYCARP, Clifford; TOLLEFSEN, Petter; TORVANGER, Asbjørn; UPADHYAYA, Prabhat; ZETTERBERG, Lars. **Reducing greenhouse gas emissions in India Financial mechanisms and opportunities for EU-India collaboration**. Stockholm Environment Institute, Project Report. 2009. Disponível em: <<https://www.sei-international.org/mediamanager/documents/Publications/Climate-mitigation-adaptation/reducinggreenhousegase-missions-india.pdf>>. Acesso em: set. de 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.

CAMARERO, Mariam; CASTILLO, Juana; PICAZO-TADEO, Andrés J; TAMARIT, Cecilio. Eco-efficiency and convergence in OECD countries. **Environ Resource Econ**, v. 55, n. 1, 87-106, 2012.

CARVALHO, Terciane Sabadini; ALMEIDA, Eduardo. A hipótese da curva de Kuznets ambiental global: uma perspectiva econométrica espacial. **Estudos Econômicos**, São Paulo, v. 40, n.3, 2010.

CHEN, A.J.W; BOUDREAU, M.-C; WATSON, R.T. Information systems and ecological sustainability. **Journal of Systems and Information Technology**, 10(3), 186-201, 2008.

DELGADO, Fernanda; FEBRARO, Júlia. Cronos: China e as suas questões de segurança energética. Caderno Opinião, **Cadernos FGV Energia**, 2017. Disponível em: <http://www.fgv.br/fgvenergia/cronos_seguranca_energetica2/files/assets/common/downloads/publication.pdf>. Acesso em: out. 2017.

DEPRINS, D.; SIMAR, L.; TULKENS, H. **Measuring labor inefficiency in post offices, in the performance of public enterprises: concepts and measurements**. Ed. by M. Marchand, P. Pestieau and H. Tulkens, Amsterdam, North-Holland, p. 243-267, 1984.

ERKKO, Sanna; MELANEN, Matti; MI-CKWITZ, Per. Eco-efficiency in the finnish reports: a buzz word? **Journal of Cleaner Production**, v. 13, p. 799-813, 2005.

ESCAP. UNITED NATIONS ECONOMIC AND SOCIAL COMMISSION FOR ASIA AND THE PACIFIC. Eco-efficiency indicators: measuring resource-use efficiency and the impact of economic activities on the environment, 2009.

FEDERAL ENVIRONMENT AGENCY. Germany 2050 a greenhouse gas-neutral Country. **Background Paper**, 2013. Disponível em: <<https://www.umweltbundesamt.de/>>

sites/default/files/medien/376/publikationen/germany_2050_a_greenhouse_gas_neutral_country_langfassung.pdf>. Acesso em: nov. 2017.

FREIRE, Luciano. Energias renováveis complementares. **Cadernos FGV Energia**, n. 4, ano 2, 2015. Disponível em: <https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/18272/cadernoenergia_fgv-book.pdf>. Acesso em: set. 2017.

HOUSER, Trevor; BORDOFF, Jason; MARS-TERS, Peter. **Can coal make a comeback?** Center on Global Energy Policy, Columbia, 2017. Disponível em: <http://energypolicy.columbia.edu/sites/default/files/Center_on_Global_Energy_Policy_Can_Coal_Make_Comeback_April_2017.pdf>. Acesso em: nov. 2017.

IEA. INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Energy and Climate Change**. World energy outlook special report. 2016. Disponível em: <<https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WEO2015SpecialReportonEnergyandClimateChange.pdf>>. Acesso em: nov. 2017.

INSTITUTO DE PROMOCIÓN DE INVERSIONES Y EXPORTACIONES. **Energias Renovables**. Uruguay XXI. 2013. Disponível em: <<http://www.dne.gub.uy/documents/112315/1917292/Informe-de-energ%C3%ADas-renovables-Abr-20131.pdf>>. Acesso em: set. 2017.

KAUFFMANN, Céline; LESS, Cristina Tébar; TEICHMANN, Dorothee. **Corporate Greenhouse gas emission reporting: a stocktaking of government schemes**. OECD working papers on international investment, OECD Investment Division. 2012. Disponível em: <www.oecd.org/daf/investment/workingpapers>. Acesso em: nov. 2017.

KORTELAINEN, M.; KUOSMANEN, T. Measuring eco-efficiency of production: a frontier approach. 2004. Disponível em: www.econwpa.repec.org/eps/em/papers/0411/0411006.pdf. Acesso: 20/02/18.

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

LUPAN, M.; COZORICI, A.N. Sustainable Economic Growth and Eco-efficiency. *The USV Annals of Economics and Public Administration*, v. 15, Issue 1 (21), 2015.

MMA. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Entenda o acidente de Mariana e suas consequências para o meio ambiente**. 2015. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/meio-ambiente/2015/12/entenda-o-acidente-de-mariana-e-suas-consequencias-para-o-meio-ambiente>>. Acesso em: fev. 2017.

MONTEPIO. Departamento de estudos: Noruega. Nov. 2015. Disponível em: <https://www.montepio.pt/iwov-resources/SitePublico/documentos/pt_PT/empresas/internacional/research/montepio-research-internacional-noruega.pdf>. Acesso em: nov. 2017.

OECD. ORGANIZATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT. *Eco-efficiency*, 2008.

OECD. ORGANIZATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT. *Towards Sustainable Development. Indicators to measure progress*. Roma, Conference, 2000, 417p. Disponível em: <http://www.oecd.org/site/worldforum/33703694.pdf>>. Acesso em out. 2017.

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.

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

RAVINDRANATH, N. H; SRIVASTAVA, Nalin; MURTHY, Indu K.; MALAVIYA, Sumedha; MUNSI, Madhushree; SHARMA, Nitasha. Deforestation and forest degradation in India – implications for REDD+. **Current Science**, v. 102, n. 8, 2012. Disponível em: <<http://admin.indiaenvironmentportal.org.in/files/file/REDD%2B.pdf>>. Acesso em: out. 2017.

ROBAINA-ALVES, Margarita; MOUTINHO, Victor; MACEDO, Pedro. A new frontier approach to model the eco-efficiency in European countries. **Journal of Cleaner Production** xxx, 2015.

SCHMIDHEINY, S. **Eco-efficiency and sustainable development**. Risk Management, ABI/INFORM Global, v. 43, n. 7, 1992.

TOBIN, James. Liquidity preference as behavior towards risk. **Review of Economics Studies**, Feb, 1958.

UNFCCC. CONVENÇÃO-QUADRO DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE MUDANÇA DO CLIMA. Contribuições de Cuba para as emissões globais, 2015. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas>>. Acesso em: out. 2017.

USDA. DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA DOS ESTADOS UNIDOS. **Fatos e tendências históricas das florestas dos Estados Unidos**. Washington, 2015. 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.

VERÍSSIMO, Adalberto; NUSSBAUM, Ruth. **Um resumo do status das florestas em países selecionados**: nota técnica. Belém: Imazon, The Proforest Initiative, 2011.

WBCSD. WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT- Creating more value with less impact, 2000.

WORLD ENERGY COUNCIL. **World Energy Resources 2016**. Disponível em: <<https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2016/10/World-Energy-Resources-Full-report-2016.10.03.pdf>>. Acesso em: set. 2017.

ZHANG, K.; WANG, R.; HANSSON, L.; LIU, J.; WANG, Y. 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.