

Análise da Ecoeficiencia no Continente Americano: Um estudo entre os anos de 1991 a 2012

Analysis of the Ecoeficiencia in the American Continent: A Study between the years of 1991 to 2012

Harine MATOS Maciel [1](#); Ahmad SAEED Khan [2](#); Leonardo ANDRADE Rocha [3](#)

Recibido: 31/07/2017 • Aprobado: 01/08/2017

Conteúdo

- [1. Introdução](#)
- [2. Metodologia](#)
- [3. Resultados](#)
- [4. Conclusões](#)

[Referências bibliográficas](#)

RESUMO:

O objetivo desta pesquisa foi calcular o Índice de Ecoeficiência (IE) para 17 países do continente americano através do método Análise Envoltoria de Dados (DEA). Verificou-se que o valor da ecoeficiência média aumentou. Os melhores resultados foram alcançados por Uruguai, Nicarágua e Honduras. Os piores IE foram Brasil, México e Estados Unidos. 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.

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

ABSTRACT:

The objective of this research was to calculate the Eco-Efficiency Index (EI) for 17 countries of the American continent using the Data Wrap Analysis (DEA) method. It was found that the value of the average eco-efficiency increased. The best results were achieved by Uruguay, Nicaragua and Honduras. The worst IE were Brazil, Mexico and the United States. The main implication of the results obtained is that stricter regulations on the environmental theme are required, especially for countries that have low eco-efficiency values.

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

1. Introdução

Durante muitos anos acreditou-se que a tecnologia resolveria o 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 num mundo mais dinâmico e mais populoso, a tecnologia sozinha não era suficiente para resolver todos os desafios.

O estudo da eficiência econômica e ambiental (ecoeficiência) veio para preencher esta 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) este conceito surgiu nos anos noventa como uma noção mais abrangente da sustentabilidade. Nos últimos anos este 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 destes 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 é relevante para mostrar como os países tem se comportado e como as políticas econômicas e ambientais podem auxiliar na melhoria desses resultados. Neste contexto, o objetivo da pesquisa foi calcular e analisar a ecoeficiência de 17 países do continente americano, no período entre 1991 a 2012. Especificou-se um novo modelo de fronteira estocástica com

variáveis econômicas e ambientais utilizando a Análise Envoltória de Dados (DEA). Espera-se que a ecoeficiência seja maior quando as emissões diminuam 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? Quais países alcançaram melhores resultados?

2. Metodologia

2.1. Área Geográfica de Estudo e Fonte de Dados

A pesquisa abrange 17 países distribuídos no continente americano, países estes selecionados pela disponibilidade de dados para o período estudado. Os dados utilizados foram de origem secundária obtidos no site do Banco Mundial, no período de 1991 a 2012.

2.2. Análise Envoltória de Dados (Data Envelopment Analysis– DEA)

Utilizou-se a Envoltória com Livre Disposição (DEA – *Data Envelopment Analysis*) para calcular os escores de ecoeficiência, uma vez que esta técnica tem sido amplamente utilizada para este fim.

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

A Análise Envoltória de Dados (DEA) foi criada por Charnes, Cooper e Rhodes no ano de 1978 e consiste numa 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) esta metodologia tem como principal objetivo avaliar a performance de atividades ou empresas, através da análise de eficiência de unidades, centrados em conceitos como produtividade e eficiência técnica.

Os principais modelos do DEA são 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 3 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 aumentem, de modo simultâneo outro input, ou diminua outro output.

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

2.3 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 et al. (2015). Os inputs utilizados:

1. Emprego Total: mostra o número total de pessoas com idade entre 15 anos ou mais que estão trabalhando;

2. 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;
3. Consumo de Energias Renováveis: é a quota de energia renovável do consumo final.

Os outputs utilizados:

1. 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;
2. 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 diminuam 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, 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. Resultados

3.1 Índice de Ecoeficiência (IE)

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 1, verifica-se que a ecoeficiência média do continente americano aumentou, passando de 0,3786 no ano de 1991 para 0,3964 em 2012. Os valores mínimos, 0,0251 (1991) e 0,0291 (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 0,33, no entanto em 2012 esse valor aumentou para 0,37, expondo assim que os resultados referentes ao índice de ecoeficiência aumentaram ao longo do período estudado. Mostrando, possivelmente, que os países do continente americano estão de fato se comprometendo em diminuir os impactos ambientais causados pelas atividades produtivas, aumento populacional e de consumo.

Tabela 1
Estatísticas de Ecoeficiência

Estatísticas	Índice de Ecoeficiência			
	1991	2000	2008	2012
Mínimo	0,0251	0,0261	0,0274	0,0291
Máximo	1	1	1	1
Média	0,3786	0,3762	0,3896	0,3964
Mediana	0,3308	0,3599	0,3724	0,3708

Fonte: Resultados da Pesquisa.

Examinando os escores de ecoeficiência dos 17 países do continente americano em estudo, tabela 2, para os anos de 1991, 1996, 2000, 2004, 2008, 2010 e 2012, nota-se que apenas o Uruguai alcançou o valor máximo em todo o período analisado.

Tabela 2
Índice de Ecoeficiência

Países	1991	1996	2000	2004	2008	2010	2012
-	Índice de Ecoeficiência (IE)						
Argentina	0,1225	0,1505	0,1517	0,1334	0,1512	0,1602	0,1660
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
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
Colômbia	0,1494	0,1429	0,1336	0,1182	0,1369	0,1367	0,1392
Cuba	0,3597	0,4237	0,4495	0,4404	0,5115	0,5313	0,5671
Equador	0,4030	0,4001	0,3900	0,3412	0,4037	0,4087	0,4139
Estados Unidos	0,1099	0,0961	0,0598	0,0957	0,0764	0,0636	0,0653
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
México	0,0566	0,0523	0,0507	0,0500	0,0545	0,0567	0,0577
Nicarágua	0,8829	0,8600	0,8344	0,7682	0,8194	0,8966	0,8730
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
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 figura entre os quatro países que menos emitem gases do efeito estufa na amostra em questão, pois consomem bastante energias renováveis, em torno de 46,37% (dados do Banco Mundial, 2012) da sua matriz energética, 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.

Esperava-se que os países mais 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.

Os resultados obtidos, em parte, estão de acordo com o que sugere a Curva Ambiental de Kutnez no qual afirma que os países mais 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 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.

Após o Uruguai, os melhores resultados foram alcançados por Nicarágua, Honduras, Paraguai e Bolívia. A Nicarágua obteve o segundo melhor resultado do índice de ecoeficiência. Suas emissões de gases do efeito estufa estão entre as mais baixas do continente americano e o seu consumo de energias renováveis ultrapassa os 50%, mostrando assim que o país tem buscado investir em energias limpas.

A Nicarágua avança hoje no uso de energia proveniente de fontes renováveis, ao instalar a terceira e maior planta solar do país. De acordo com fontes especializadas, nos próximos anos, a Nicarágua estará em condições de reduzir 11 milhões de toneladas de dióxido de carbono, enquanto para 2020 espera atingir uma geração renovável próxima 90% de sua matriz

energética. Dessa maneira, a Nicarágua é um dos países emergentes que lideram os esforços no uso de energias renováveis e a redução de emissões de dióxido de carbono no nível mundial. Nesse sentido, a nação centro-americana investe mais de 1% de seu Produto Interno Bruto na promoção das energias limpas e na redução da poluição ambiental (PRENSA LATINA, 2017, p.1).

Porém, nem todas as ações de combate a degradação do meio ambiente tem sido satisfatórias na Nicarágua. O país possui um dos mais baixos percentuais de área de florestas, ficando atrás somente do Chile, Uruguai e Argentina. De acordo com Clicrbs (2016) ambientalistas alertam sobre a destruição de florestas que se agravaram nos últimos 50 anos devido à exploração, expansão das áreas agrícolas e à contaminação das águas. Milhares de hectares de florestas se perdem por ano na Reserva de Bosawás, um pulmão de 19.926 km² no nordeste da Nicarágua, que foi invadido nos últimos anos por lavradores e traficantes de madeira.

Honduras ocupou a terceira posição no índice de ecoeficiência. O país figura entre os três maiores consumidores de energias renováveis do continente americano, já que possui bons elementos para investir nesse setor, buscando assim diminuir a dependência das fontes de energias de combustíveis fósseis. Além de ser um dos menores poluidores de gases do efeito estufa.

Segundo Ecobrevés (2009) a implementação de vários projetos de energias renováveis permitirá a Honduras economizar US\$ 87 milhões e melhorar o funcionamento da estatal Empresa Nacional de Energia Elétrica. Por meio da licitação de 450 megawatts de energia renovável, o Estado hondurenho pensa reduzir sua conta anual de importação de carburantes, estimada em US\$ 1 bilhão. Os projetos serão executados em várias regiões, e pela primeira vez terão participação de pequenos produtores de energia, apoiados pelo governo e pela cooperação internacional.

O Paraguai é o terceiro país do continente americano que menos emitem gases do efeito estufa e o segundo maior consumidor de energias renováveis, 62,67%, ficando atrás somente da Guatemala. O país busca aumentar a produção de energia limpa e renovável através do Acordo de Paris. O Paraguai possui duas grandes hidroelétricas que administra juntamente com o Brasil (Itapua) e a Argentina (Yacyretá). Assim, o Paraguai se coloca em uma situação muito favorável com relação a produção de energias renováveis.

A Bolívia é o quinto país que mais emitem gases do efeito estufa, já que seus principais recursos naturais utilizados são o petróleo e o gás. O seu consumo de energias renováveis é considerado baixo, em torno de 27,98%. O território boliviano possui sim riquezas naturais, mas o governo não investe o necessário para estimular a produção dessas fontes de energias. Segundo Lacombe (2010) pode-se aproveitar a força do vento da região do Chaco, a energia solar no Altiplano e a biomassa no oriente boliviano onde, no entanto, queimaram-se 3 milhões de hectares de pradarias para se produzir energia elétrica.

As áreas de florestas bolivianas ocupam boa parte do território do país, é o quinto em porcentagens de áreas florestais. Porém, os incêndios florestais que ocorrem na Bolívia são feitos para auxiliar o plantio onde antes era mata fechada, destruindo assim milhões de hectares de florestas, além de aumentarem as emissões dos gases do efeito estufa. Devido a isso o governo implementou o Plano de Controle e Prevenção para combater os incêndios e consequentemente a destruição das florestas.

Cuba obteve um dos melhores aumentos nos resultados referentes ao índice de ecoeficiência, passando de 0,3597 (1991) para 0,5671 (2012). O país emite baixas quantidades dos gases do efeito estufa, e tem procurado investir em energias renováveis, apesar do seu consumo ainda ser baixo, 18,87%. E o aumento das áreas de florestas também tem sido alvo de políticas públicas. Segundo Peláez (2016) o país fechou o ano 2015 com 30,6 % do seu território coberto por florestas, resultado que a ratifica dentro do reduzido grupo de nações em vias de desenvolvimento que mantêm um crescimento constante desse importante indicador ambiental.

A fim de produzir 24% de energia a partir de recursos renováveis, até 2030, Cuba anunciou a construção de sete parques eólicos com investimento estrangeiro direto, dentro de um programa de desenvolvimento de médio prazo. Além disso, o país prevê a construção de seis parques por meio de outras vias de financiamento, como parte de seus planos para aumentar a obtenção de energia renovável, que hoje só abrange pouco mais de 4% do país, segundo a estatal Agência de Informação Nacional. A atual infraestrutura do setor das energias renováveis em Cuba inclui 10.595 aquecedores solares, 9.343 aerogeradores eólicos, 827 usinas de biogás, e 169 instalações hidrelétricas, junto a outras capacidades em painéis e parques solares (ECODESENVOLVIMENTO, 2015, p.1).

Os piores resultados dos índices foram alcançados por Brasil, México, Estados Unidos, Canadá e Colômbia em todo o período analisado. Países como o Brasil e os Estados Unidos que figuram entre os cinco maiores emissores mundiais dos gases do efeito estufa, juntamente com Rússia, China e Índia.

O Brasil classificou-se com o pior índice de ecoeficiência 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 22 anos estudados. Estar entre os cinco países que mais emitem gases do efeito estufa contribuiu para este mal resultado, apesar dos números referentes as variáveis econômicas terem sido positivas, 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 através de políticas públicas para que empresas e sociedade em geral tornem-se adeptos e defensores ao uso da energia renovável.

Houve diminuição das áreas florestais brasileiras, passando de 63,90% nos anos 90 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.

O México obteve o segundo pior resultado da ecoeficiência, apesar de ser o quarto país mais rico do continente americano, ficando atrás dos Estados Unidos, Brasil e Canadá. É o quarto país que mais emite gases do efeito estufa, mas segundo a France Presse (2015) a estratégia do governo mexicano considera que suas emissões líquidas alcancem seu pico em 2026 e,

em seguida, comecem a cair, o que deve levar a uma redução de 51% das emissões de carbono e 22% dos gases de efeito estufa para 2030.

No que se refere ao consumo de energias renováveis, o México é o terceiro país que menos consomem energias renováveis, em torno de 9,35% apenas. Conforme Araxá Solar (2014) a maior usina solar da América Latina foi inaugurada no México no ano de 2014. Está avaliado em US\$ 100 milhões e será o primeiro a produzir energia limpa em grande escala no país. São 132 mil painéis fotovoltaicos, com capacidade máxima de 39 megawatts e gerando energia suficiente para mais de 60 mil habitantes. A inauguração da usina ajudará o país a atingir sua meta de 35% de geração de energia a partir de fontes renováveis até 2024, apesar de esperarem cumprir esse objetivo antes do prazo.

Os Estados Unidos pioraram o seu resultado no período analisado (IE = 0,1099 em 1991 e IE = 0,0653 em 2012), ocupando a terceira 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 90 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](#), citado 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).

O quarto pior resultado foi alcançado pelo Canadá, país rico e desenvolvido. Só não emite mais gases do efeito estufa quando comparados com os Estados Unidos e o Brasil. O seu consumo de energias renováveis é considerado baixo para o potencial do país, 20,59%, e possui a segunda maior área de florestas, perdendo a primeira posição para o Brasil.

O Canadá possui meios necessários para a produção de energia sustentável. A diversa geografia do país permite que um variado leque desses meios sejam usados para as mais diferentes formas de produção energética. Meios, nesse caso, significam desde a água do mar e dos rios, até a biomassa e os ventos. Mais de 60% da matriz energética do Canadá é oriunda de fontes renováveis, sendo 59% desse montante só de usinas hidrelétricas, tornando o país o terceiro maior produtor de energia dessa fonte no mundo todo. O número de rios correndo das montanhas canadenses em direção aos três oceanos que banham o país é enorme. O Canadá possui nada menos que 529 estações hidroelétricas, sendo 379 delas pequenas instalações, capazes de gerar 50 megawatts (MW). É previsto que, até 2020, 158 novas hidroelétricas serão construídas, aumentando em mais 29 MW a potência total instalada. As terras canadenses são fartas em regiões propícias para captação de energia pelos ventos. Em menos de 20 anos, o número de turbinas eólicas pulou de 60, lá em 1997, para 3.094 em 2011. O país fechou 2014 gerando cerca de 9,7 mil MW só de energia eólica. Isso corresponde a 4% de toda a matriz canadense (ECYCLE, 2015, p.1).

A Colômbia não obteve bons resultados referentes ao índice de ecoeficiência, já que está entre os dez países do continente americano que mais emitem gases do efeito estufa e o consumo de energias renováveis ainda está distante de ser a ideal, 26,27%, mesmo o país tendo os elementos necessários para o desenvolvimento do seu potencial renovável, como o seu percentual de florestas que é o terceiro maior da região estudada. Para que se desenvolva esse potencial é necessário a criação de leis e regulamentos que incentivem investimentos no setor.

Países como a Argentina, Chile, Equador e Venezuela obtiveram aumentos nos valores de ecoeficiência durante os anos analisados. Destes países, a Argentina é o que alcançou o resultado mais baixo, 0,1225 (1991) e 0,1660 (2012), e o Equador o mais alto, 0,4030 (1991) e 0,4139 (2012).

A Argentina possui o menor percentual de área de florestas, está entre os seis países do continente americano que mais emitem gases do efeito estufa e possui baixíssimo consumo de energias renováveis, 8,77%, ficando atrás apenas dos Estados Unidos, 7,91%, o país que menos consome esse tipo de energia na região. Conforme a Agência Fapesp (2016) a Argentina está muito abaixo da média de participação das energias renováveis na geração de eletricidade na América Latina. A matriz energética do país é eminentemente fóssil e as energias renováveis têm uma participação de menos de 1% na potência instalada. O país depende quase que 80% de energia proveniente de fontes fósseis, devido a bloqueios tecnológico e cultural de dependência de petróleo e gás para o abastecimento energético que precisam ser superados para ocorrer a promoção da integração energética de países da América Latina.

O Equador possui a sexta maior porcentagem de áreas de florestas da América, mas a conservação destas áreas não estão sendo prioridade do governo. Fonseca (2013) afirma que o Parque Nacional de Yasuni perdeu mais de 6,5 mil hectares de cobertura florestal desde 2004. A taxa de desmatamento no Equador aumentou 26% entre 2004 e 2012. A iniciativa indica também que o país, apontado pelas Nações Unidas como um dos maiores desmatadores da América Latina, perde anualmente 1,8% de sua cobertura vegetal, ou seja, 16.100 hectares a cada ano. Em nove anos, foram desmatados no país quase 150 mil hectares.

O governo chileno tem investido na produção de energias renováveis. O seu resultado tem aumentado nos últimos anos, o consumo gira em torno de 30,27%. Já em relação a área de florestas, seu percentual figura entre os três mais baixos do continente. De acordo com a Agência France Presse (2017) o número de incêndios aumentou 16% no período 2016-2017 em comparação com 2015-2016. No Chile são comuns os incêndios durante a época de estiagem. Cerca de 90% deles são provocados por ações humanas, mas os registrados no último ano foram influenciados pelas mudanças climáticas. Mudanças estas que causam uma seca recorrente no país há oito anos, provocando temperaturas altas, superiores a 35 graus, propiciando assim um cenário para fortes chamas em florestas e cultivos.

O Chile é o primeiro país da América do Sul a cobrar pela emissão de dióxido de carbono (CO²) na atmosfera. A nova legislação

fiscal ambiental foi promulgado no ano de 2014 e tem como alvo o setor de energia, particularmente geradoras que operam usinas térmicas com capacidade instalada igual ou superior a 50 megawatts. O valor cobrado será de 5 dólares por tonelada de dióxido liberado. O novo imposto destina-se a obrigar os produtores de energia a mover-se gradualmente para fontes mais limpas a fim de ajudar a reduzir as emissões de gases do efeito estufa no país. A taxa de imposto sobre o carbono pode ser uma ferramenta útil para contribuir com a redução do aquecimento climático sem que haja um impacto negativo sobre o crescimento do país (ITABORAÍ, 2014, p.1).

A Venezuela possui grandes extensões de área de florestas, mas é o sexto país que mais emitem gases do efeito estufa e possuem baixos percentuais de consumo de energias renováveis, 11,19%. Clicerbs (2015) afirma que o governo venezuelano está empenhado em reduzir as suas emissões em 20% até 2030. O grau em que este objetivo seja alcançado dependerá do cumprimento dos compromissos dos países desenvolvidos em termos de oferta de financiamento, transferência de tecnologia e capacitação. Isso ocorreu depois que 195 países adotaram em Paris um acordo histórico para combater a mudança climática.

Países como Guatemala e Peru obtiveram diminuições no índice de ecoeficiência. Apesar da queda nos valores, 0,4849 (1991) e 0,4311 (2012), Guatemala obteve bons resultados referentes a emissão dos gases do efeito estufa, é terceiro país que menos emitem, e alcançou o maior consumo de energias renováveis, 66,21%.

Conforme Chiaretti (2015) o maior corredor de biodiversidade da América Central, a Reserva Maia da Biosfera, fica no norte da Guatemala. Na floresta, ruínas maias espalhadas por todas as partes lembram o passado, enquanto comunidades rurais há mais de 20 anos provam que é possível viver da floresta. Criada em 1990, pela Unesco, a reserva tem um objetivo duplo: preservar a floresta e promover o desenvolvimento social. A experiência guatemalteca, de assegurar a posse da terra às comunidades locais é uma tentativa de reduzir a pobreza, dar emprego e produzir renda explorando recursos naturais de modo sustentável.

O Peru possui a segunda maior porcentagem de área florestal, porém estas áreas não tem sido preservadas pelo governo. Conforme o Boletim do WRM (2014) o Peru tem quase 60% de seu território coberto por florestas tropicais. A taxa anual de desmatamento é de cerca de 110 mil hectares. Grande parte do problema é atribuída à chamada "extração ilegal". A extração ilegal movimentava 150 milhões de dólares por ano.

Os dados referentes ao consumo de energias renováveis no Peru mostram que ainda são necessários investimentos no setor, ocupando a oitava colocação, 28,24%. De acordo com o Jornal Opinião e Notícia (2015) no país com as maiores reservas de petróleo do mundo, 70% da energia é gerada pela força da água, hidrelétricas geram a energia de dois terços do país. Por que o país com as maiores reservas de combustíveis fósseis do mundo gera sua energia a partir da água, uma fonte sabidamente imprevisível? Não é por compromisso com fontes renováveis de energia, mas para preservar o máximo do seu petróleo para exportação.

A tabela 3 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 47% da amostra. Em geral os outros resultados foram bastante equilibrados, ficando o IE alto um pouco em desvantagem na maior parte dos anos analisados, com apenas dois países.

Tabela 3
Classificação do Índice de Ecoeficiência

Classificação do Índice de Ecoeficiência (IE)	Número de Países						
	1991	1996	2000	2004	2008	2010	2012
Muito Baixo	08	08	08	08	08	08	08
Baixo	04	03	04	04	03	03	03
Médio	03	04	03	02	03	03	04
Alto	02	02	02	03	03	03	02
Total	17	17	17	17	17	17	17

Fonte: Resultados da Pesquisa.

A quantidade de países, no ano de 2012, que atingiram o IE muito baixo mantiveram-se inalterados. Os países que compõem esse intervalo são Venezuela, Peru, Argentina, Canadá, Colômbia, Estados Unidos, México e Brasil. O IE baixo é composto por Guatemala, Equador e Chile. O IE médio teve um pequeno aumento, os países pertencentes a este intervalo são Honduras, Paraguai, Bolívia e Cuba. Os países pertencentes ao intervalo do IE alto não mudou, são eles Uruguai e Nicarágua.

Ao final do período analisado, 2012, nota-se que houve uma diminuição apenas nos países classificados com o IE baixo e aumento no IE médio. Estes 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.

4. Conclusões

Este estudo analisou a ecoeficiência de 17 países do continente americano, 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 aumentou. Os melhores resultados foram alcançados por Uruguai, ecoeficiência máxima em todos os anos analisados, Nicarágua, Honduras e Paraguai. Os piores índices foram obtidos por Brasil, México, Estados Unidos e Canadá. Países estes, Brasil e Estados Unidos, que figuram entre os cinco maiores emissores mundiais dos gases do efeito estufa, juntamente com China, Índia e Rússia.

Na classificação dos países em relação ao IE, em todos os anos, o IE muito baixo obteve o maior número de países, Venezuela, Peru, Argentina, Canadá, Colômbia, Estados Unidos, México e Brasil. O IE baixo é composto por Guatemala, Equador e Chile. O IE médio teve um pequeno aumento, os países pertencentes a este intervalo são Honduras, Paraguai, Bolívia e Cuba. O intervalo do IE alto não mudou, são eles Uruguai e Nicarágua.

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.

Referências bibliográficas

AGENCIA FAPESP. **Energias renováveis são oportunidade de integração energética da América Latina**, 2016. Disponível em <http://www.ccst.inpe.br/energias-renovaveis-sao-oportunidade-de-integracao-energetica-da-america-latina/>. Acesso em maio de 2017.

AGENCIA FRANCE PRESSE. **Incêndios provocam maior desastre florestal na história do Chile**, 2017. Disponível em <http://agenciabrasil.ebc.com.br/internacional/noticia/2017-01/incendios-provocam-maior-desastre-florestal-da-historia-do-chile>. Acesso em maio de 2017.

ALEXANDER, S. *A Critique of Techno-Optimism: Efficiency without Sufficiency is Lost*. **Melbourne Sustainable Society Institute**, Working Paper, 2014.

ALMEIDA, Fernando. **O Bom Negócio da Sustentabilidade**. Editora Nova Fronteira, 2012, 101p.

ARAXA SOLAR. México inaugura maior usina solar da América Latina, 2014. Disponível em <http://www.araxasolar.com.br/noticias/m-xico-inaugura-maior-usina-solar-da-am-rica-latina/>. Acesso em junho de 2017.

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

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

BOLETIM DO WRM. **Peru: o corte massivo de árvores por empresas destrói florestas e populações**, 2014. Disponível em <http://wrm.org.uy/pt/artigos-do-boletim-do-wrm/secao1/peru-o-corte-massivo-de-arvores-por-empresas-destroi-florestas-e-populacoes/>. Acesso em junho de 2017.

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

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.

CHIARETTI, Daniela. **Guatemala mostra como vive de floresta**, 2015. Disponível em <http://www.valor.com.br/guatemala>. Acesso em maio de 2017.

CHUNG, R. K. **Green Growth and Eco-efficiency: A Regional Strategy for Environmentally Sustainable Economic Growth in Asia and the Pacific**. Presentation at the First Policy Consultation Forum of the Seoul Initiative on Green Growth, 6-8 September, Seoul, Republic of Korea, 2006.

CLICRBS. **Ambientalistas alertam sobre destruição em florestas e águas da Nicarágua**, 2016. Disponível em <http://pioneiro.clicrbs.com.br/rs/noticia/2016/06/ambientalistas-alertam-sobre-destruicao-em-florestas-e-aguas-da-nicaragua-5826173.html>. Acesso em junho de 2017.

CLICRBS. **Venezuela se compromete a reduzir emissões em 20% até 2030**, 2015. Disponível em <http://zh.clicrbs.com.br/rs/noticias/noticia/2015/12/venezuela-se-compromete-a-reduzir-emissoes-em-20-ate-2030-4929534.html>. Acesso em junho de 2017.

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

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

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.

DEACON, R.; NORMAN, C. S. **Is the Environmental Kuznets Curve an empirical regularity?** Santa Barbara: University of California at Santa Barbara, Department of Economics, 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 novembro de 2016.

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.

ECOBREVES. **Honduras: aposta em energias renováveis**, 2009. Disponível em <http://www.ipsnoticias.net/portuguese/2009/10/ambiente/ecobreves-honduras-aposta-em-energias-renovaveis/>. Acesso em maio de 2017.

ECODESENVOLVIMENTO. **Construção de 7 parques eólicos com capital estrangeiro**, 2015. Disponível em <http://www.ecodesenvolvimento.org/posts/2015/julho/cuba-anuncia-construcao-de-7-parques-eolicos-com?tag=energia>. Acesso em maio de 2017.

ECYCLE. **Com vasto potencial, Canadá incentiva diversas fontes renováveis para geração de energia**, 2015. Disponível em <http://www.ecycle.com.br/component/content/article/38-no-mundo/3063-com-vasto-potencial-canada-incentiva-diversas-fontes-renovaveis-para-geracao-de-energia.html>. Acesso em maio de 2017.

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

FRANCE PRESSE. **Ministro do meio ambiente afirma que a meta é ambiciosa, mas possível**, 2015. Disponível em http://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/mundo/2015/03/27/interna_mundo,477354/mexico-anuncia-reducao-nas-emissoes-de-gases-estufa-a-partir-de-2026.shtml. Acesso em junho de 2017.

FONSECA, Vandrê. **Desmatamento quadruplica no Equador**, 2013. Disponível em <http://www.oeco.org.br/noticias/27566-desmatamento-quadruplica-no-equador-detecta-terra-i/>. Acesso em maio de 2017.

GREEN ENERGY LEADERS. **Como o Uruguai conseguiu ter 95% de sua eletricidade gerada por fontes renováveis?** 2015. Disponível em <https://conexaoplaneta.com.br/blog/como-o-uruguai-conseguiu-ter-95-de-sua-eletricidade-gerada-por-fontes-renovaveis/>. Acesso em novembro de 2016.

ITABORAÍ, LARISSA. **Chile começa a cobrar taxa pelas emissões de CO2 na atmosfera**, 2014. Disponível em <http://fundacaoverde.org.br/chile-comeca-a-cobrar-taxa-pelas-emissoes-de-co2-na-atmosfera/>. Acesso em maio de 2017.

JORNAL OPINIÃO E NOTÍCIA. Venezuela: por que o país do petróleo depende de hidrelétricas? 2015. Disponível em <http://opiniaoenoticia.com.br/internacional/por-que-o-pais-do-petroleo-depende-de-hidreletricas/>. Acesso em junho de 2017.

LACOMBE, Fabiano. **Bolívia apresenta uma inesgotável reserva de energia renovável**, 2010. Disponível em <http://www.nuca.ie.ufrj.br/blogs/gesel-ufrj/index.php?/archives/13850-Bolivia-apresenta-uma-inesgotavel-reserva-de-energia-renovavel.html>. Acesso em junho de 2017.

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

LUSTOSA, Maria Cecília J.; YOUNG, Carlos Eduardo F. **Política Ambiental**. In: KUPFER, David; HASENCLEVER, Lia. Economia industrial: fundamentos teóricos e práticos no Brasil. Rio de Janeiro: Campus, 2002, p. 569-590.

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.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Energias Renováveis**, 2015. Disponível em <http://www.mma.gov.br/agenda21>. Acesso em junho de 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 setembro de 2016.

PELAEZ, Orfilio. **Florestas cobrem 30,6% da superfície do país**, 2016. Disponível em <http://pt.granma.cu/cuba/2016-08-19/florestas-cobrem-306-da-superficie-do-pais>. Acesso em maio de 2017.

PEREYRA, J. L. **Una medida de la eficiencia del gasto público en educación: Análisis FDH para América Latina**, 2000.

PRENSA LATINA. **Nicarágua avança no uso de energias renováveis**, 2017. Disponível em <http://www.prensalatina.com.br/index.php?o=rn&id=8019&SEO=nicaragua-avanca-no-uso-de-energias-renovaveis>. Acesso em junho de 2017.

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 outubro de 2016.

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, 12p.

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

WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT (WBCSD). **A ecoeficiência: criar mais valor com menos impacto**. Lisboa: WBCSD, 2000.

1. Doutoranda 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

2. Doutor 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

3. Doutor em Desenvolvimento Econômico pelo IE/UNICAMP. Professor Adjunto da Universidade Federal Rural do Semi-Árido

