UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE FURG
INSTITUTO DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS, ADMINISTRATIVAS E CONTÁBEIS ICEAC

ERNANI RODRIGUES DA COSTA

ENERGIAS RENOVÁVEIS, DESEMPENHO ECONÔMICO E EMISSÕES DE CO2 NO MUNDO: UMA ANÁLISE VIA DADOS EM PAINEL.

Rio Grande/RS
2019

ERNANI RODRIGUES DA COSTA

ENERGIAS RENOVÁVEIS, DESEMPENHO ECONÔMICO E EMISSÕES DE CO2 NO MUNDO: UMA ANÁLISE VIA DADOS EM PAINEL.

Monografia apresentada ao Instituto de Ciências Econômicas, Administração e Contábeis da Universidade Federal do Rio Grande como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Ciências Econômicas.

Orientador: Prof. Dr. Vinícius Halmenschlager

Rio Grande/RS

2019

ERNANI RODRIGUES DA COSTA

ENERGIAS RENOVÁVEIS, DESEMPENHO ECONÔMICO E EMISSÕES DE CO2 NO MUNDO: UMA ANÁLISE VIA DADOS EM PAINEL.

Monografia apresentada ao Instituto de Ciências Econômicas, Administração e Contábeis da Universidade Federal do Rio Grande como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Ciências Econômicas**.**

Aprovado (a) em:

BANCA EXAMINADORA

_____

Prof°. Dr. Vinícius Halmenschlager – Orientador

_____

Profª. Drª. Blanca Lila Gamarra Morel - Membro

_____

Prof°. Dr. Cassius Rocha de Oliveiro - Membro

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha querida mãe Ivone pelo amor e carinho que sempre me ofertou em todos os momentos da minha vida, ao meu irmão Evandro que sempre me apoiou e motivou com confiança e a crença de que conseguiria obter sucesso ao longo dessa jornada e de várias já conquistadas, assim como todos os meus familiares e amigos que jamais me fizeram desistir, sem eles nada seria possível.

Dedico especialmente este trabalho de conclusão de curso a minha amada esposa Angélica que me acompanhou e sempre demandou tempo para me motivar na minha luta diária, sendo o meu pulmão nas horas de sufoco, além de sua extrema compreensão e o nosso “Trade Off”, que nessa jornada ficou entre as incansáveis horas de estudo nos finais de semana e o prazer de estar em nosso lazer. E as minhas queridas filhas Ingrid e Isabelle que são a razão e a motivação da minha vida.

Não poderia me abster de citar os meus amigos de curso Felipe, Stéfany, Bruna, Michel e Wagner que por diversos finais de semanas em locais planejados, otimizamos horas extras de estudos na biblioteca da faculdade, nos reuníamos para somar conhecimentos e unir forças para que atingíssemos juntos o nosso propósito. E por fim agradeço a todos os professores que contribuíram com a minha formação e com a preocupação constante de ensinar com empenho e dedicação, em especial ao meu Orientador Prof. Dr. Vinícius Halmenschlager e Prof. Dr. Cassius de Oliveira.

“NÃO HÁ MAL NENHUM EM ALMEJAR O TOPO DA CARREIRA, MAS DEVE ANTES CRIAR METAS BEM CLARAS DE CADA PASSO ATÉ CHEGAR NO AUGE”

(Prof. Dr. Daisaku Ikeda)

RESUMO

Tendo em vista a crescente preocupação com as questões ambientais, especialmente com as mudanças climáticas, diversos países em todo o mundo estão em busca de novas fontes de energia, especialmente as renováveis, não só para gerar canais alternativos de crescimento econômico, mas também para criar opções sustentáveis a dependência de combustíveis fósseis. Assim, a expansão das fontes de energias limpas se sobressai como uma importante opção para o desenvolvimento sustentável, sobretudo pelo seu potencial de redução, relativa, das emissões de gases do efeito estufa. Além disso, essa tendência pode propiciar o balizamento e efetividade de políticas ambientais tanto a nível local quanto mundial. Portanto, o propósito do referido trabalho é analisar a relação do consumo de energia renovável e do crescimento econômico com a redução de emissão de dióxido de carbono (CO2) a nível mundial. Para isso, será estimado um modelo de dados em painel a nível de países no período de 1990 a 2014. Os resultados indicam que o consumo total de energias renováveis está relacionado a redução da emissão de CO2, enquanto o Produto Interno Bruto traz um aumento.

Palavras-Chave: Energias Renováveis, Emissão de Dióxido de Carbono, políticas ambientais

ABSTRACT

In view of the growing concern about environmental issues, especially with climate change, a number of countries around the world are seeking new sources of energy, especially renewables, not only to generate alternative channels of economic growth, but also to create independence on fossil fuels. Thus, the expansion of clean energy sources stands out as an important option for sustainable development, above all by its relative reduction potential of greenhouse gas emissions. In addition, this trend can lead to the localization and effectiveness of environmental policies both locally and globally. Therefore, the purpose of this paper is to analyze the relationship between renewable energy consumption, investments in these energy matrices and economic growth with the reduction of emission of carbon dioxide (CO2) worldwide. To this end, a panel data model will be estimated at the country level for the period 1990-2014. The results indicate that renewable energy consumption is related to the reduction of CO2 emissions, while Gross Domestic Product bring an increase.

Keywords: Renewable Energies, Carbon Dioxide Emission, environmental policies

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Gráfico de investimentos em energias renováveis..... 14
Figura 2. Gráfico de adição na capacidade e valor total de energia eólica dos 10 países top..... 16
Figura 3. Gráfico de adição na capacidade e valor total de energia solar PV dos 10 países top..... 17
Figura 4. Gráfico de adição na capacidade e valor total global em energia térmica solar concentrada de 2007-2017..... 18
Figura 5. Gráfico de adição na capacidade e valor total de energia hidrelétrica associadas a outras energias dos 9 países tops em 2015..... 19
Figura 6. Gráfico de adição na capacidade dos coletores solares por aquecimento de água dos 20 países top em 2017..... 19
Figura 7. Gráfico de adição na capacidade de energia geotérmica e valor total dos 10 países top em 2017..... 21
Figura 8. Gráfico do número de países com políticas reguladoras de energias renováveis por setor de 2004-2017..... 23
Figura 9. Gráfico do número de empregos gerados com o aumento do consumo de energias renováveis por setor de 2012-2018..... 24

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Estatística descritiva dos dados..... 30
Tabela 2: Resultados estimados para o primeiro modelo..... 34
Tabela 3: Resultados do modelo adicional..... 35

LISTA DE SIGLAS

Produto interno bruto	PIB
Produto nacional bruto	PNB
Relatório de energia renovável	REN 21
Terawatt/hora	TWTh
Gigawatt/hora	GWh
Megawatt/hora	MWh
Energia fotovoltaica	FV
Dióxido de Carbono	CO2
Energia solar concentrada (concentrated solar power)	CSP
Grupo de 40 cidades para controle da emissão de gases de efeito estufa (origem no C20)	C40
União Europeia	UE
Organização para Cooperação e Desenvolvimento econômico	OCDE
Impactos Estocásticos por regressão que trata de população, afluência e tecnologia (Stochastic Impacts by Regression on Population, Affluence, and Technology)	STIRPAT

SUMÁRIO

LISTA DE ILUSTRAÇÕES..... 7

LISTA DE TABELAS..... 8

LISTA DE SIGLAS..... 9

1. INTRODUÇÃO..... 11

2. O CONSUMO MUNDIAL DE ENERGIAS RENOVÁVEIS..... 14

2.1 Investimento e aumento da capacidade para o consumo de energias renováveis..... 14

3. REVISÃO DE LITERATURA: EMISSÃO DE CO2, ENERGIA E CRESCIMENTO ECONÔMICO..... 25

4. DADOS E METODOLOGIA..... 31

4.1 Dados..... 31

4.2 Metodologia..... 31

5. RESULTADOS..... 35

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS..... 38

REFERÊNCIAS..... 39

1. INTRODUÇÃO

O uso das energias primárias (sol, vento e água) faz parte das premências do homem desde a pré-história e idade antiga, sendo usadas para satisfazer suas necessidades de aquecimento, iluminação, navegação e alimentação. Essas descobertas proporcionaram o surgimento de mecanismos que faziam o aproveitamento da energia dos ventos, da água e do vapor, considerando que, nessa época, o carvão era o primeiro combustível fóssil produzido em grande escala, utilizado para movimentar máquinas entre outros. Esses recursos foram empregados por décadas na industrialização mundial, sendo substituído posteriormente pelo petróleo, que seria a próxima descoberta de uma nova fonte geradora de energia (FARIAS E SELLITO, 2011).

Com a chegada do petróleo, que passa a ser o principal combustível fóssil, e seus derivados (gás liquefeito, óleo diesel, gasolina etc.), houve uma evolução das matrizes energéticas no mundo, motivada também pelo surgimento da energia elétrica (considerada energia secundária), amplamente usada até os dias atuais. Nesse contexto é elencado o aumento do consumo de energia no planeta, o que traz o crescimento econômico com a geração de empregos e aumento da renda, alavancado também pelo surgimento de novas tecnologias e pelo *"Boom"* da industrialização mundial, o que trouxe melhorias no aspecto econômico e social dos países (FARIAS E SELLITO, 2011).

Entretanto, conforme Field e Field (2014) ao longo de décadas houve um agravamento dos problemas ambientais com a intensificação da utilização de combustíveis fósseis e a consequente emissão de altos níveis de dióxido de carbono (CO_2) na atmosfera. Esse poluente é lançado ao ar, na terra e no mar por diversos veículos de descarte (indústrias, automóveis, homem etc.), causando alterações climáticas severas, e algumas até mesmo irreversíveis, como por exemplo, o efeito estufa, que vem gradualmente prejudicando o meio ambiente de forma global.

Com intuito de minimizar os efeitos da poluição as políticas ambientais são fundamentais conforme Bakker e Young (2012). Outro aspecto importante é o investimento voltado a adoção das diversas fontes de energia renováveis o

que faz países mudarem seu enfoque para as políticas ambientas, como os certificados negociáveis de poluição, emprego verde e o tratado de *Kyoto*. Diante da capacidade de poluir menos, reduzir os prejuízos ambientais e também evitar o despejo de toneladas cúbicas de CO_2 na atmosfera diariamente, é de grande relevância a adoção desta nova política e o investimento nessas novas matrizes energéticas.

Além disso, Goldemberg (2004) salienta que o consumo de energias renováveis no mundo tem forte influência nos setores tecnológicos, industriais e econômicos, implicando também na queda dos custos em tecnologia e mudanças no formato da produtividade do trabalho e desenvolvimento no mercado. Percebe-se que nas últimas década as maiores empregadoras nestas áreas, são as atividades ligadas ao consumo de energia elétrica (exceto as hidrelétricas), produzida através de energias renováveis e tem contribuído mais do que as energias geradas através de combustíveis fósseis.

Pode-se observar que o custo de uma unidade de fonte de energia renovável é ainda muito alto conforme Alves (2010), porém no longo prazo a necessidade de investimentos feitos no setor não serão obrigatoriamente expressivos, podendo ser diluídos por mais unidades produzidas. Contudo é importante ressaltar que muitos países no mundo ainda carecem de políticas públicas bem estruturadas para garantir o uso eficiente e compatível com a dimensão do potencial energético encontrado e investido. Além disso, há esperança da redução dos níveis de poluição, contribuindo de maneira sustentável com o meio ambiente.

Dessa maneira, esse trabalho visa estimar a relação do consumo de energias de fontes renováveis nos países que optaram por essas novas matrizes energéticas, bem como o seu desempenho econômico balizado pelo PRODUTO INTERNO BRUTO (PIB) e o crescimento populacional, com a emissão de dióxido de carbono (CO_2) .Para tanto, foi construído um painel de dados a nível mundial contemplando o período entre 1990 e 2014.

Por fim, o trabalho está organizado a partir desta introdução, seguido da seção 2 que apresenta um panorama do consumo mundial de energia oriundas de fontes renováveis. A seção 3 trata da revisão empírica sobre emissão de CO_2, energia e crescimento econômico. A seção 4 descreve os dados e

apresenta a metodologia utilizada. A seção 5 demonstra os resultados, e a última seção apresenta as considerações finais.

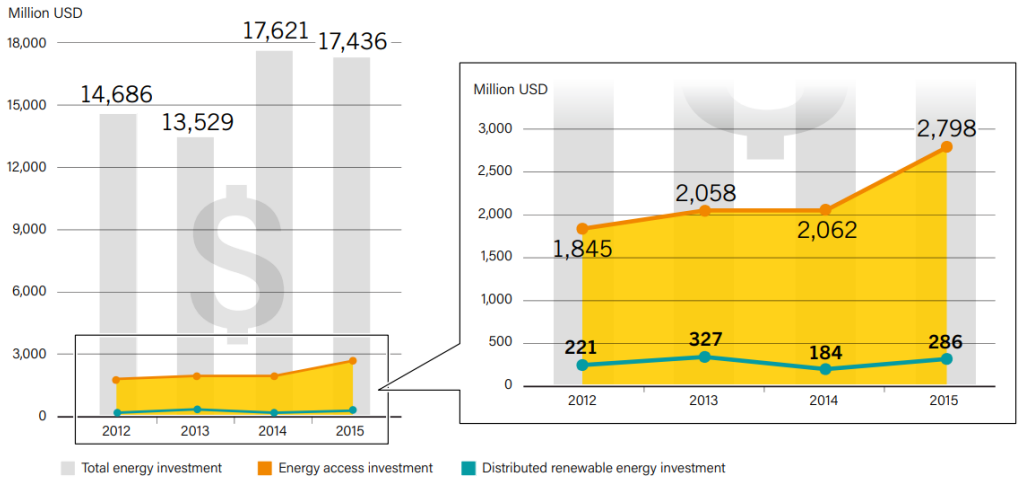
2. O CONSUMO MUNDIAL DE ENERGIAS RENOVÁVEIS

Essa seção destina-se a exemplificar como se deu o fluxo de investimento global por conta da nova demanda por energia renovável e apresentar as novas capacidades de gerações de energias e suas diferentes matrizes energéticas, além de informações sobre o processo de consumo em diferentes países.

2.1 investimentos e aumento da capacidade para o consumo de energias renováveis

Segundo Bloomberg New Energy Finance (2015) somente Brasil, China e Índia foram responsáveis por US$ 156 bilhões em investimentos em energias renováveis (um aumento de 19% em relação aos resultados de 2014) de um total de US$ 265,8 bilhões. Em se tratando do aumento do consumo de energia através de fontes de energias renováveis, o fluxo de investimento teve um desempenho positivo principalmente em países em desenvolvimento conforme a Figura 1, superando aqueles efetuados nos desenvolvidos.

Figura 1. Investimentos em energias renováveis.



Fonte: REN21 (2017).

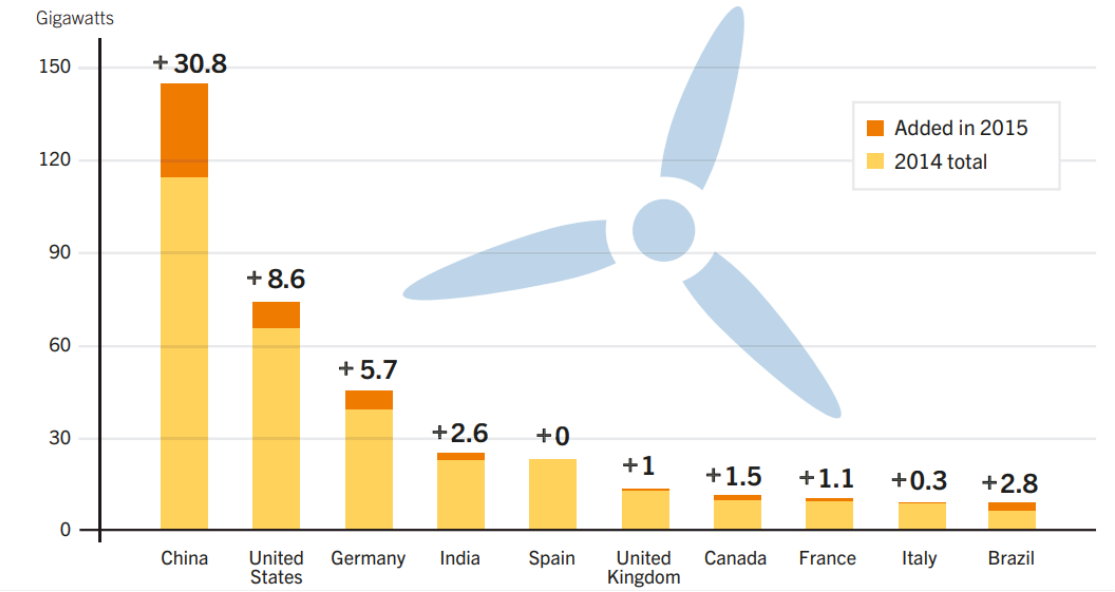
Nesse contexto os chineses lideram o ranking, com um investimento de US$ 102,9 bilhões na área de eletricidade e combustíveis renováveis o que representa 17% de aumento em um total mundial de 36%. Outros países em desenvolvimento como África do Sul, Chile e México aumentaram também seus investimentos em energias renováveis, a exemplo do que ocorreu em Honduras, Uruguai, Filipinas, Marrocos e Paquistão, que investiram em 2015 cerca de 500 US$ milhões nesse tipo de energia.

Embora os investimentos em energia renováveis no Reino Unido tenham caído 56% em 2017, no âmbito mundial houve aumento significativo de 3% em unidades de fontes de energias renováveis, o que veio a motivar os investidores privados de alguns países a ampliarem seus investimentos na área. Com isso, aumentam seus compromissos também com as grandes instituições financeiras diante dessa perspectiva (VAUGHAN, 2018).

Conforme Zervos e Lins (2016) mesmo com os baixos preços dos combustíveis fósseis no mundo e mesmo tornando desfavorável o investimento em energia geotérmica devido aos altos custos de projetos e desenvolvimento, em 2015 o acréscimo de 360 MW na capacidade geotérmica elevou a geração mundial ao patamar de 13,2 GW, que corresponde a uma estimativa de 75 Terawatts horas (TWh) por ano em eletricidade desse tipo de fonte de energia. Com 50% dos acréscimos em investimento na modalidade, a Turquia lidera esse mercado.

Diante do agravamento dos danos provocados ao meio ambiente, são descobertas fontes alternativas de energias renováveis, como o biocombustível, biomassa, eólica, a solar entre outras. Fato esse comprovado em 2015, quando Brasil, México, Panamá e Uruguai foram responsáveis por 88% da nova capacidade instalada de geração de eletricidade através de energia eólica nesse ano, de acordo com a Figura 2. Representando um aumento de 4 GW (Gigawatts), no mesmo período, o Brasil também foi responsável por 80% de toda a capacidade instalada em bioenergia, sendo dois terços em usinas de açúcar (o bagaço é responsável por 68% na geração) e um terço nas florestas, (ZERVOS & LINS, 2016).

Figura 2. Adição na capacidade e valor total de energia eólica dos 10 países top.

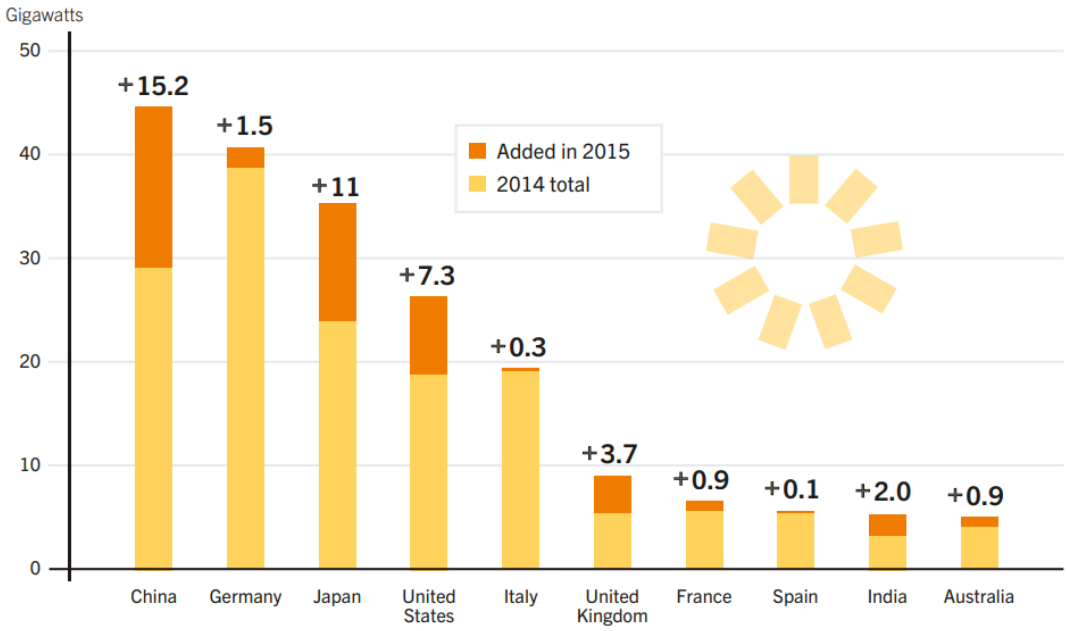


Fonte: REN21 (2016).

Em 2015 o mercado de energia FV (fotovoltaica) e o surgimento de novas empresas no seguimento faz com que o preço de projetos no setor fiquem mais acessíveis, buscando inovar as atividades nessa modalidade, fazendo com que o emprego global em energia FV fosse estimado em 3,4 milhões de dólares em 2017, ou seja, 9% a mais que em 2016 de acordo com relatório de energia renovável, conforme Figura 3. A China correspondeu a dois terços desse valor, cerca de 2,2 milhões de dólares; a Índia teve um crescimento em instalações conectadas à rede, com uma estimativa de 92.000 empregos.

Na contramão do processo, os Estados Unidos registraram o primeiro declínio em empregos de energia fotovoltaica, pela diminuição do processo de instalações de rede, bem como de incertezas políticas. O emprego também diminuiu no Japão e na União Europeia (ZERVOS e LINS, 2016).

Figura 3. Adição na capacidade e valor total de energia solar PV dos 10 países top.

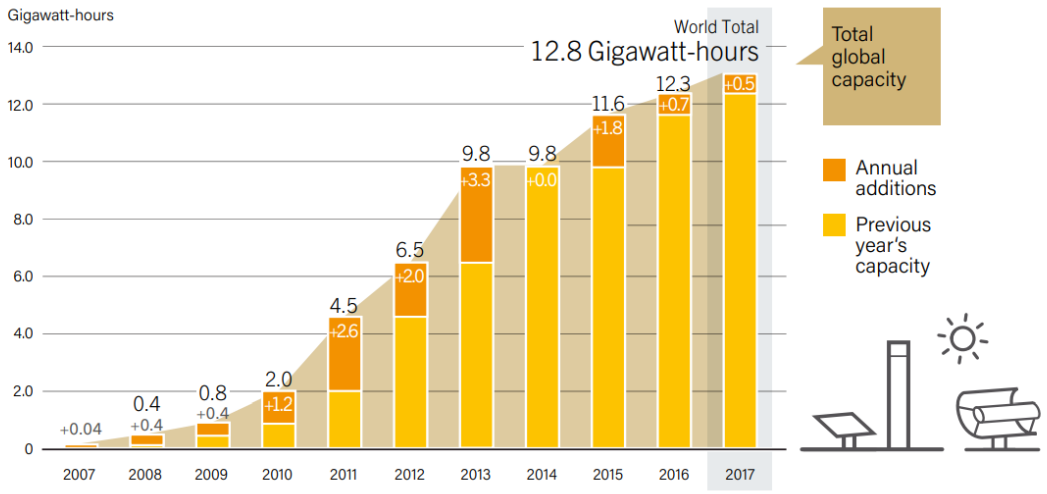


Fonte: REN21 (2016)

Em 2017 a capacidade mundial em energia solar concentrada foi de 4.7 GW (Gigawatts), com uma previsão de aumento de mais 2 GW devido a construção de novas usinas, por exemplo, a China que terá uma capacidade de 350 MW (Megawatts) e a de Marrocos já em atividade com geração de 300 MW em energia térmica. Cabe ressaltar que a África do Sul incorporou a sua matriz nesse ano com mais 100 MW. Espanha e Estados Unidos permanecem como líderes nessa matriz energética.

Contudo devido a baixas tarifas em CSP (Concentrating Solar Power) houve um aumento da oferta em concessões e/ou licitações concorridas na Austrália, Chile e nos Emirados Árabes Unidos, frente a produção de energia térmica geradas através de combustíveis fósseis, como o carvão que vai atender a uma demanda de 700 MW em energia térmica renovável, representada na Figura 4. Essa redução de preços frente ao concorrente fez com que houvesse uma redução no custo tecnológico para desenvolvimento e a inovação de atividades de pesquisa nessa matriz renovável (ZERVOS, 2018).

Figura 4. Adição na capacidade e valor total global em energia térmica solar concentrada de 2007-2017.

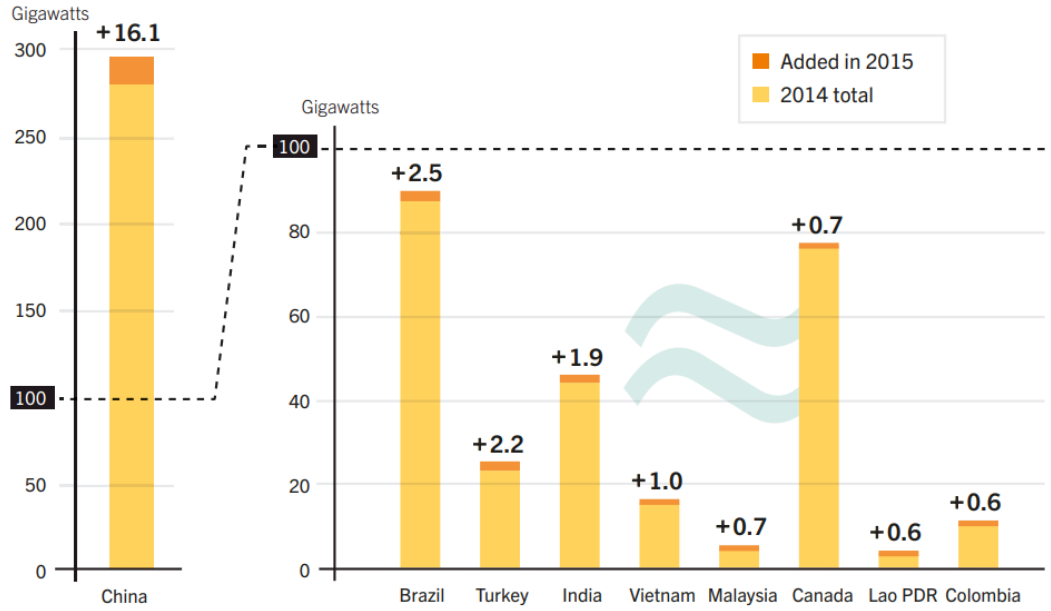


Fonte: REN21 (2018).

Mesmo com os registros de constantes secas nas Américas e o Sudeste Asiático em 2015 houve uma adição a capacidade energética no setor de 1064 GW (Gigawatts) passando a um total global de 3.940 TWh (TeraWatts em aquecimento). A China continua recaindo no setor, porém se mantém na liderança com o registro da capacidade aumentada em 16 GW.

Outros países também se destacaram na capacidade agregada como Brasil, Canadá, Turquia, Malásia, Reino do Loas, Índia, Vietnã e Colômbia, com o surgimentos de novas matrizes energéticas e as alterações climáticas, projetos e tecnologias vêm se adaptando de forma a atender as demandas conjuntamente com energias hidrelétricas associadas a solar e a energia eólica, conforme Figura 5.

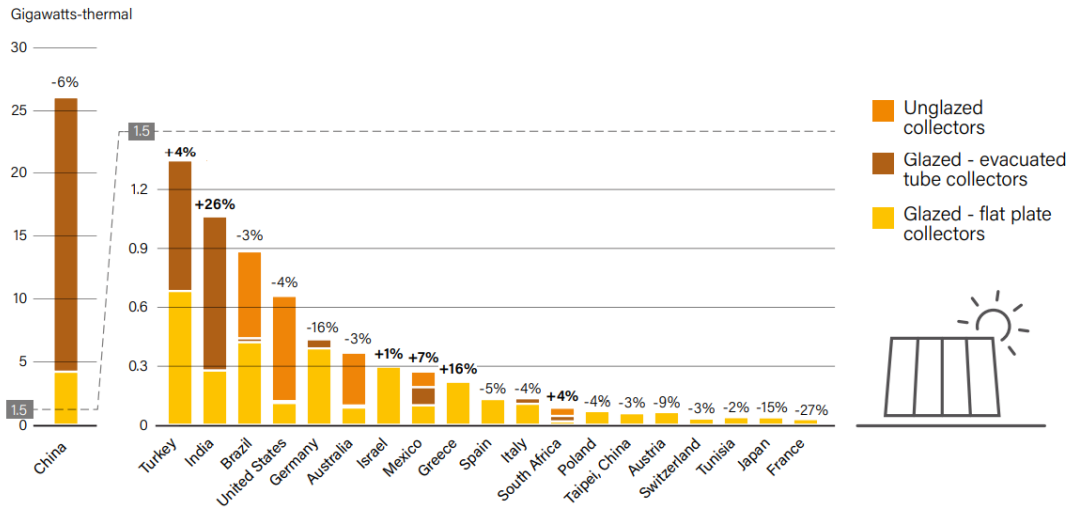
Figura 5. Adição na capacidade e valor total de energia hidrelétrica associada a outras energias dos 9 países top em 2015.



Fonte: REN21 (2016).

Para esse tipo de energia em 2017 houve um aumento de 35 GWth (GigaWatts térmica) que se agrega e representa 4% da capacidade global que é aproximadamente 472 GWth. A China se destaca no setor, seguida por Turquia, Índia, Brasil e Estados Unidos, até o final desse ano foram instalados 296 sistemas solares as redes de aquecimento conforme Figura 6.

Figura 6. Adição na capacidade de coletores solares de aquecimento de água dos 20 países top em 2017.



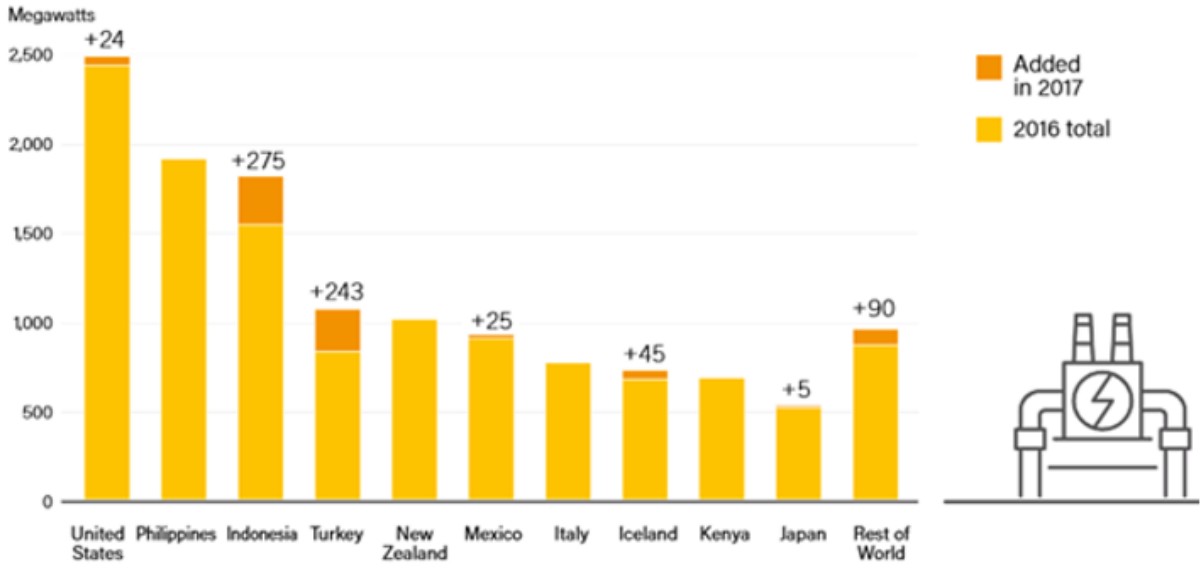
Fonte: REN21 (2018).

Pelo menos 110 desses sistemas de aquecimento industriais e ambientais estarão operando, elevando a capacidade global para 21% com um aumento de 135 MWh (MegaWatts térmico), os maiores mercados estão localizados em Omã, Itália, China, Índia e México. Cabe ressaltar, que em 2011 e 2012 com a queda na produção para capitação desse tipo de energia no mercado doméstico europeu, foi estabelecida principalmente maior oferta de exportação a América Latina, Oriente Médio e Norte da África aumentando não só o volume de produção nesse mercado assim como o investimento em novas firmas e tecnologia nesse segmento (ZERVOS, 2018).

Em 2016 o setor se manteve com a capacidade 530 MW (MegaWatts) devido as alterações tanto positivas quanto negativas dos ventos e dos mares, contudo o setor permanece crescente e desenvolvendo novas atividades e aperfeiçoando suas tecnologias principalmente na Europa. Entretanto houve a falência de uma empresa desenvolvedora dessa modalidade devido à falta de incentivos pelos agentes públicos.

Visando as consequências prejudiciais ao meio ambiente e aproveitando os recursos geotérmicos disponíveis, em 2017 a ampliação da atividade tecnológica nesse setor vem contribuindo para melhoria do aquecimento e crescimento em novos projetos, principalmente na Europa e na China. Pois nesse ano foi estimado um aumento de 0,7 GW (Gigawatts) na capacidade global em energia geotérmica que é de 12, 8 GW. Sendo que a Indonésia e a Turquia, respondem por três quartos dessa geração, tendo também como importantes participantes em unidades instaladas México, Chile, Islândia, Honduras, Estados Unidos, Japão, Hungria e Portugal, conforme gráfico da Figura 7. Além disso, cabe salientar que o uso direto da energia geotérmica destinada ao aquecimento e resfriamento, teve um aumento estimado de 1,4 gigawatts térmicos (GWth) de um total global de 25 Gwth (ZERVOS, 2017).

Figura 7. Adição na capacidade de energia geotérmica e valor total dos 10 países top em 2017.



Fonte: REN21, (2018).

Conforme Zervos (2018), com a entrada em vigor das políticas de precificação do carbono pelo governo chinês, houve um aumento na implementação tecnológica em energia renovável e a consequente elevação do número de jurisdições que adotaram esse regime. Em 2017, 25 cidades membros do C40 estabeleceram metas de emissões zero até 2050, assim como a Nova Zelândia tem o compromisso de emissão zero de carbono, além de quatro regiões da Austrália tem como objetivo a redução de combustíveis líquidos. Tais metas serão atingidas com a restrição de subsídios a combustíveis fósseis, mecanismos de tarifas relacionadas a emissão de carbono, como feito nos estados de Minnesota e Colorado nos Estados Unidos em que a comissão de serviços públicos desses estados atribuiu o valor a título de multa ao custo de US$ 43 por tonelada de CO_2 emitido.

De acordo com Goldemberg e Lucom (2017) o consumo do petróleo na China também vem aumentando assim como sua demanda pelo uso do carvão, outro combustível fóssil que também é um grande agressor do meio ambiente. Em 2007 o país obteve a marca de 28,74% do consumo total mundial de energia e 16,67% do consumo de carvão ficando em segundo colocado como consumidor, elevando o seu produto interno bruto em 8% ao ano no decorrer do período, fato que tem grande relevância na adoção de uma política de

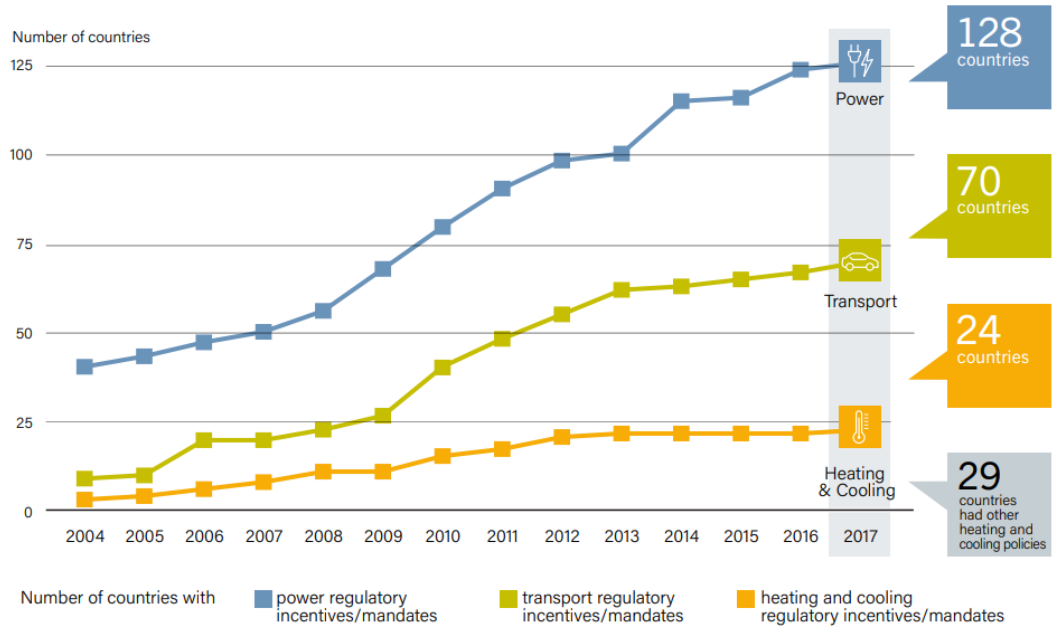
precificação pela emissão de carbono uma vez que há elevação do PIB e da renda per capta.

Em 2014, conforme Figura 8, com o aumento de mais 20% na participação dos biocombustíveis nos transportes públicos em países Europeus, Estados Unidos e no Brasil a contribuição de energia renovável vem sendo um dos principais atrativos no setor, com isso a adoção da mistura do biocombustível teve em 2015 a entrada em vigor com 33 países participantes.

Diante disso, esses países farão o uso combinado de energia elétrica e biocombustível em transportes públicos e rodoviários, integra-se também a participação do biogás, sendo o biocombustível de maior oferta na Europa, e países da União Europeia, na qual esses estabelecerão metas de até 2020 terem 10% de transportes públicos sendo movidos por energias renováveis, e até 2030 um compromisso de 14%.

Como a bioenergia pode ser utilizada em trens, bondes, veículos de duas ou quatro rodas, houve a entrada no mercado de veículos elétricos, o que vem sendo implementados principalmente na Europa, pois a preocupação econômica e social com sustentabilidade ambiental é prioritária. Entretanto, de maneira global os combustíveis fósseis predominam com 79,5 %, e os 26,5% em energias renováveis, sendo que dessa última 2,2% é em biocombustíveis nas principais economias de países desenvolvidos quanto em desenvolvimento (ZERVOS, 2018).

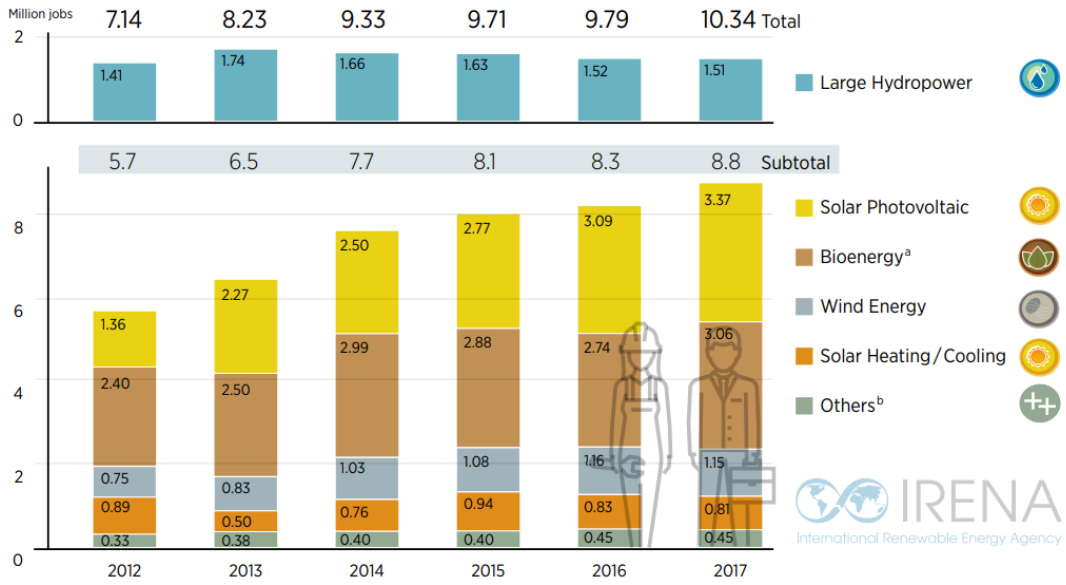
Figura 8. Número de países com políticas reguladoras de energias renováveis por setor de 2004-2017.



Fonte: Ren21, (2018).

Ainda, conforme Zervos (2018) no relatório global de energias renováveis, o número de empregos no setor de energia subiu na escala, dados afirmam que aproximadamente 10,3 milhões de pessoas foram empregadas nesse ramo e que 1,5 milhões foram em hidrelétricas em 2017. Há indício que a geração de emprego global em energia tem forte influência de vários setores, tais como a queda de custo de tecnologia, mudanças no formato da produtividade do trabalho e desenvolvimento no mercado. Sendo a maior empregadora a energia solar e fotovoltaica e essa última a dominadora, em seguida os biocombustíveis, hidrelétricas, energia eólica e aquecimento e resfriamento solar de acordo com a Figura 9.

Figura 9. Número de empregos gerados com o aumento do consumo de energias renováveis por setor de 2012-2018.



Fonte: IRENA, (2018).

3. REVISÃO DE LITERATURA: EMISSÃO DE CO2, ENERGIA E CRESCIMENTO ECONÔMICO

Segundo Shafiei e Salim (2013) os países que compõem a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) tem seu crescimento econômico alavancado pelo consumo de energia. Sendo que esse corresponde a 41% do total mundial gerados por combustíveis fósseis como o petróleo, carvão e o gás natural. Isso contribui com a elevação de emissões de toneladas de dióxido de carbono (CO_2) descarregadas diariamente no meio ambiente, provocando o aumento aquecimento global e mudanças climáticas, o que preocupa a comunidade mundial na adoção de medidas de controle de cunho econômico e social. Os estudos a efeito dessas emissões foram realizados com dados referente aos países da OCDE no período de 1980 a 2011, sendo adotado um modelo estatístico que avaliou os impactos estocásticos por regressão que trata de população, afluência e tecnologia (Stochastic Impacts by Regression on Population, Affluence, and Technology STIRPAT) para três estudos.

O primeiro estudo faz análise de regressão através da comparação do consumo de energias renováveis e não renováveis e a emissão de CO_2 no curto e longo prazo, a segunda análise investiga os efeitos da industrialização associados ao setor de serviços em benefício do PIB per capita com e a emissão de dióxido de carbono, e o último foi um ensaio de raiz unitária em painel sem quebra estruturais da relação da urbanização com o CO_2. Além dos estudos citados, foi utilizado o método SITIRPAT que investigam os efeitos dos poluentes no meio ambiente

Os resultados dos estudos empíricos mostraram que o consumo de energia renovável tem efeito negativo e significativo nas emissões, já o consumo de energia não renováveis tiveram efeitos positivos e significativos nas emissões no longo prazo, além da criação de uma curva de Kuznets ambiental que tem uma relação inversa entre o desenvolvimento econômico sustentável e redução nos impactos ambientais (SHAFIEI E SALIM, 2013).

Conforme Goldemberg e Lucom (2017) salientam que com o aumento da população mundial implica maior uso dos recursos naturais (água e ar) que são escassos e ilimitados, pois a dependência humana pelo uso de energias se faz

necessário, no entanto há décadas a opção mais utilizada foi o uso de energias através de combustíveis fósseis, principalmente devido a revolução industrial. Tal demanda vem prejudicando o meio ambiente com o despejo de toneladas diárias de dióxido de carbono (CO_2) que vem degradando o planeta de forma exponencial.

No mundo atual dentre os países desenvolvidos e em desenvolvimento, a China destaca-se como o maior consumidor de energia, entretanto cabe ressaltar que também é um dos maiores poluidores da atmosfera terrestre, pois despeja milhões de toneladas métricas de dióxido de carbono, esse número aumentou 3,45 vezes de 1980 a 2006 de acordo com CHANG, (2007).

Nos estudos de Dergiade et al (2012) para verificar se há causalidade linear ou não linear no consumo de energia relacionado com o desempenho da atividade econômica na Grécia, com a coleta de dados anuais no período entre 1960 e 2008 com base na hipótese de crescimento, conservação e neutralidade e um feedback das hipóteses.

Outro aspecto relatado por Focacci (2007) é que o crescimento demográfico mundial deve atingir em 2050 10,7 bilhões de pessoas principalmente em países em desenvolvimento devido ao crescimento econômico dos mesmos. Além disso, a distribuição não homogênea dessas populações traz para pauta estudos que visam avaliar a relação poluição e renda per-capta, o que aumenta a preocupação com poluição ambiental conforme desenvolvimento econômico dos países no contexto mundial.

Com relação a primeira análise para verificação de causalidade unidirecional, foi colocado o consumo de energia com o crescimento econômico, mas com inserções de pequenas restrições ao fornecimento de energia, a fim de verificar se ocorreu impactos negativos no crescimento. Em relação a conservação de energia há necessidade de políticas de manutenção de cotas mínimas por parte da autoridade governamental, tendo em vista que a economia não depende somente de energia.

Já a hipótese da neutralidade espera que qualquer relação do consumo de energia sendo restritivo ou extensivo não tenha efeito significativo sobre o crescimento econômico. Com isso os resultados utilizando o teste de causalidade (Granger, 1969), assim como o teste não paramétrico para causalidade não-linear (Hiemstra e Jones, 1994), verificaram que há indícios

estatísticos de uma relação causal unidirecional que vai do consumo de energia ao crescimento econômico (DERGIADES et al, 2012).

Segundo estudos feitos por Chang na China (2007), analisaram que o desenvolvimento econômico advém do CO_2, dado o aumento do consumo de energia por combustíveis fósseis, assim como Zhang et al (2007) no período de 1991-2006 estudaram a decomposição de emissões de CO_2 relacionados à energia e a atividade econômica.

Dessa forma, o resultado foi que o aumento do consumo de energia, emissão de dióxido de carbono são indissociáveis do crescimento do PIB. No Brasil um estudo feito por Chang (2007) conclui também que o consumo de energia provoca crescimento econômico. No entanto Chang (2007) não foram conclusivos na relação fechada entre consumo de energia e produto interno bruto, mas essas variáveis quando analisada na causalidade de Granger.

Conclui que crescimento também estimula consumo de energia e emissão de CO_2, tornando difícil para o governo chinês tomar medidas preventivas sem garantias de comprometer o seu desenvolvimento econômico. Nesse estudo também cabe ressaltar elevação do consumo de energia (60%) e a melhora na intensidade de CO_2 , mas no consumo de eletricidade os percentual não foi muito expressivo, chegando a 13,91%, tento ganho de eficiência em consumo de ambas matrizes no período de 1981 a 2006, com isso o governo chinês vem envidando esforços para aprimorar as suas matrizes energéticas, o que vem colaborando para manter a emissão de dióxido de carbono abaixo dos níveis esperados.

Diante disso, a China lidera no crescimento econômico, mas como já citado, é um dos países mais poluidores por emissão de CO_2 do mundo; com base na pesquisa foi possível analisar que a média mundial do crescimento do PIB fica entre 2,51% e 2,9% nos países em desenvolvimento, já nos desenvolvidos a média é de 4,59%, em relação a China a taxa mais que dobra para 9,94%. Então os estudos tornam bastante relevante que o crescimento econômico induz aumento da poluição do ar e o consumo de energia CHANG, (2007).

Nesse contexto, conforme Arraes (2006) at. al, fez uma análise via dados em painel (Efeito Fixo e Aleatório) e aplicação Cross-Section para investigar a curva ambiental de Kuznets e o desenvolvimento sustentável, relatando

também as controvérsias diante do conceito de Kuznets que tem como base o desenvolvimento econômico, valorando o meio ambiente. Sua aplicação gráfica tem o formato de “U” invertido, que parte do pressuposto que o desenvolvimento dos países podem trazer prejuízos ao meio ambiente, mas em determinado ponto no gráfico (ponto de inflexão), com o aumento da renda per capita e melhoria no sistema de educação, capital humano e bem estar social, possibilitaria uma redução a degradação ambiental.

Diante disso, a conclusão da investigação mostra que as variáveis relacionadas ao desenvolvimento sustentável apresentam resultados insignificantes quando se referem a variáveis dependente do produto interno bruto dos países, isso gerou um formato contrário ao do “U” invertido conforme tratado pela literatura da Curva Ambiental de Kuznets

No entanto a variável explicativa CO_2 e a taxa de mortalidade foram as que se enquadraram no conceito da CAK, tanto nos resultados de dados em painel quanto para Cross-Section. Ressaltando que em um monitoramento internacional se deve levar em conta as políticas de desenvolvimento sustentável, assim como o controle de emissões de poluentes no meio ambiente (ARRAES, 2006).

Conforme Chang (2007), no entanto o governo chinês vem adotando uma série de medidas para melhorar as mudanças climáticas junto à comissão de desenvolvimento e reforma nacional do departamento de mudanças climáticas (CNDR) e ao mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL), esses projetos trazem no seu escopo a redução do uso de poluentes químicos, adoção de matrizes energéticas renováveis e minimizar o uso de energias poluidoras.

Com isso, há uma previsão de reduzir o despejo de 384 milhões de toneladas por ano de CO_2 no ar, o que não tira também a eficácia do país em manter o crescimento econômico em uma escala crescente, além de mitigar os efeitos do dióxido de carbono na atmosfera.

Segundo James (2007) com choque do Petróleo na década 70 e a reestruturação dos países do leste europeu que tiveram suas economias afetadas, levou a França adotar medidas de reduzir a dependência de abastecimento do petróleo para geração de energia. A estratégia francesa foi adotar outras matrizes energéticas e não somente as energias provenientes do

combustível fóssil por outras; como a energia nuclear e o gás natural para geração de eletricidade.

Tal postura da França se mostrou bastante eficaz, pois além de minimizar a dependência do petróleo houve uma redução da emissão de CO_2 em 1,5% ao ano no período de 1979 a 2000, sabendo-se que o país emitiu nesse último ano cerca de 1,6% de dióxido de carbono no mundo. Cabe ressaltar que esses benefícios ao meio ambiente são possíveis pelo uso de matrizes energéticas renováveis conforme adotadas pelo país. Contudo, o governo Francês se compromete a reduzir as emissões de CO_2 através do protocolo de Kyoto (1997) no nível do ano de 1990 (JAMES, 2007).

Para Pacheco (2006) a maioria dos países do mundo vêm aumentando seus consumos energéticos proveniente de fontes de energia renováveis principalmente na última década. Tais energias, como a biomassa, bioenergia, energia solar e eólica vem ganhado campo. Estudos feitos sobre energias renováveis afirmam que 45% da oferta interna de energia se originam de fontes renováveis, fazem com que a reduza a dependência do consumo de combustíveis fósseis.

Além dos benefícios financeiros e da redução da emissão de dióxido de carbono, o aumento do consumo através dessas novas matrizes energéticas vem oportunizando a geração de empregos. Contudo muitos países ainda carecem de políticas públicas bem estruturadas para garantir o uso eficaz e compatível com a dimensão do potencial energético encontrado no Brasil e países que adotam essas energias (PACHECO, 2006).

Conforme Alves (2010), para o desenvolvimento desse ramo, seria necessário um aparato legal, regulatório e institucional sólido, que reduziria os riscos de investimentos, que dependem também de uma conjuntura externa de aumento do preço do petróleo e da ratificação do tratado de Kyoto.

De acordo com Cunha (2009), houve uma desmotivação para o fortalecimento do assunto que trata das políticas ambientais, assim como a necessidade da adoção de novas energias, diante da crise global financeira de 2007/2008, que também contribuiu para a desaceleração no fluxo de investimento em energias limpas, nesse período o surgimento de novas fontes de energias renováveis, assim como as políticas ambientais são bastante

reduzidos, quando comparado aos anos seguintes conforme figuras 4 e 8 respectivamente.

Com a recessão econômica nos Estados Unidos, o Mercado de carbono global, provocou uma redução nos investimentos e a adoção de metas estabelecidas no Protocolo de Kyoto. A crise financeira inverteu o sentindo deste movimento, dado que o declínio da atividade econômica o que diminuiu a demanda por energia, derrubando seus preços.

Por fim, no âmbito mundial houve aumento significativo de 3% nas unidades de fontes de energia renováveis, motivando os investidores privados de alguns países a ampliarem seus investimentos na área. Com isso, aumentaram seus compromissos também com as grandes instituições financeiras diante dessa perspectiva (VAUGHAN, 2018).

4. DADOS E METODOLOGIA

4.1 Dados

Os dados do consumo total de energias renováveis, da emissão de CO_2 (por toneladas cúbicas) e os dados da população mundial para 205 países, regiões e demais ilhas foram extraídos do World International Statistics, no período de 1990 a 2014. Já a variável PIB (Produto Interno Bruto) referente aos países, regiões e ilhas no mesmo período, foram extraídos do World Bank Open Data. A tabela 1 apresenta as estatísticas descritivas das variáveis utilizadas.

Tabela 1 – Estatísticas descritiva dos dados

VARIABLES	N	Mean	Sd	Min	Max
Energia Renovável.	4,948	31.37	31.24	0	98.34
CO2	4,768	135,354	610,552	7.330	1.029e+07
PIB (milhões)	4,697	234,985	1.037e+06	8.824	1.752e+07
População (milhões)	5,125	30,561	122,439	8.913	1.399e+06

Fonte: Elaborado pelo autor.

É possível verificar a partir da tabela 1 das estatísticas descritivas que o consumo total de energias renováveis é de, em média, 31.37% nos países analisados. Já a emissão média de CO2 é de 135,354% de toneladas cúbicas emitidas, referente aos países analisados. Enquanto que o PIB médio dos países em questão é de U$$ 234.985 (valores em milhões de dólares). Por fim a população média dos países é de aproximadamente 30,561 milhões de habitantes.

4.2 Metodologia

Para investigar as relações de interesse, será utilizado a técnica de dados em painel, apresentadas por estimações de regressões múltiplas que consiste em agregar uma combinação de séries temporais e de seções de corte transversal (Cross-Section), multiplicadas por períodos de tempo (t). Dessa forma são denominados dados longitudinais, pois apresentam tanto dimensões espaciais quanto as séries temporais de acordo com GUJARATI, (2011).

Nesse modelo de regressão múltiplas, se investiga a relação entre a emissão de CO_2, com o consumo total de energias renováveis em todo o mundo e o desempenho econômico relacionado ao Produto Interno Bruto (PIB) a nível de países entre os anos de 1990-2014. Assim, a metodologia de dados em painel se mostra adequada para a análise pretendida.

Conforme Wooldridge (2011), o modelo também é capaz de analisar uma distinção entre dados balanceados e não balanceados, para este último, existem duas possibilidades: Modelagem de efeito fixo e de efeito aleatório, no efeito fixo para cada indivíduo é considerado um intercepto específico, pois pode estar correlacionado com um ou mais variáveis explicativas. Com isso, uma das vantagens desse efeito é o controle de viés de variáveis omitidas quando a heterocedasticidade individual estejam associadas as suas variáveis explicativas ($\boldsymbol{x_{it}}$**),** no entanto a desvantagem será a perda de muitos graus de liberdade, comprometendo a significância das variáveis de forma individual.

a) Modelo de Efeitos Fixos pode ser descrito da seguinte maneira:

Levando em conta um conjunto de dados com i = 1, 2, N - unidades e t = 1, 2, ..., t períodos de tempo em que o modelo estimado será:

$$Y_{it=}\ \alpha_i + \beta x_{it} + u_{it} \quad (1)$$

Em que $\boldsymbol{\alpha_{it}}$ representa os efeitos específicos, ou características, das unidades que não tem variação ao longo do tempo e $\boldsymbol{u_{it}}$ o termo de erro. Este modelo gera outros dois modelos comuns que são estimados de acordo com as pressuposições que fazemos a respeito da possível correlação entre o termo de erro e as variáveis explicativas $\boldsymbol{x_{it}}$: Os dois modelos gerados são o de efeitos fixos e o de efeitos aleatórios.

$$Y_{it=}\ \alpha_i + \beta x_{it} + u_{it} \quad (2)$$

A principal característica desse modelo é tratar os $(\boldsymbol{\alpha_i})$, como variáveis aleatórias não observadas e correlacionadas com algum regressor $(\boldsymbol{x_{it}})$.

No modelo de efeito aleatório, quando não houver correlação entre as variáveis explicativas em relação ao intercepto (aleatório) de uma variável individual, é importante destacar que nessa hipótese de observância de um efeito não observado (aleatório), esse modelo deverá ser o melhor adotado para estimação. Entretanto se os efeitos não observados tiverem correlação com alguns dos regressores, estimar pelo modelo de efeito fixo seria a melhor opção nesse caso.

b) Modelo de Efeitos Aleatórios é caracterizado como segue:

$$Y_{it=}\ \alpha_i + \ \beta x_{it} + \ u_{it} \ (3)$$

O estimador de efeitos aleatórios considera o erro combinado, ou seja, $\boldsymbol{u_{it} = v_i + u_{it}}$ e pressupõe que v_i é $\boldsymbol{iid}$ com variância $\boldsymbol{\sigma v^2}$ e que $\boldsymbol{u_{it}}$ é $\boldsymbol{iid}$ com variância $\boldsymbol{\sigma u^2}$. Pode - se mostrar que $\boldsymbol{v(u_{it}) = \sigma v^2 + \sigma u^2}$ e que $\boldsymbol{cov(u_{it}, u_{is}) = \sigma v^2, t \neq s}$ logo,

$\boldsymbol{\sigma u = cor(u_{it}, u_{is}) = \frac{\sigma v^2}{\sigma v^2 + \sigma s^2}}$, para todo $\boldsymbol{t \neq s}$. Assim, o modelo de efeito aleatório tem como preposição correlação serial no erro (correlação igual em todos os lags). O estimador de efeitos aleatórios é um estimador de MQG que considera correlação entre os erros de cada unidade.

Para definir qual dos dois modelos se mostram mais adequados, será empregado o teste de Hausman. Portanto, para verificar a relação de interesse foi estimada a seguinte equação**:**

$$\boldsymbol{lnC02_{it} = \beta_0 + \beta_1 ener_ren_{it} + \beta_2 pib_{it} + \beta_3 lnpop_{it} + \gamma_t + u_{it}.\ (4)}$$

Em que a variável dependente do modelo é o logaritmo das emissões de CO_2($lnC02_{it}$) no país i no ano t, enquanto a variável $ener_ren_{it}$ representa a proporção do consumo de energia renovável no país i no ano t, pib_{it} é o Produto Interno Bruto expresso em milhões do país i no período *t* e $lnpop_{it}$ é o

logartimo da população. Já γ_t é o efeito fixo de tempo e $\boldsymbol{u_{it}}$ é o termo de erro estocástico.

Como a literatura sugere que a relação analisada entre as variáveis não é necessariamente linear Pao e Tsai (2011); Lista e Gallet (1999); Kang et al (2016) foi estimada, adicionalmente, a seguinte especificação:

$$lnC02_{it} = \beta_0 + \beta_1 ener_ren_{it} + \beta_2 pib_{it} + \beta_3 lnpop_{it} + \beta_4 pib_{it}^2 + \beta_5 erner_ren_{it}^2 + \beta_6 ener_{renXpop_{it}} + \gamma_t + u_{it} \quad (5)$$

Em relação ao primeiro modelo foram adicionadas as variáveis pib_{it}^2 e $erner_ren_{it}^2$, com intuito de identificar um comportamento não linear (quadrático) com relação as emissões. Além disso, foi incorporada uma variável de interação entre o consumo de energias renováveis e a população ($ener_renXpop_{it}$), para verificar a possibilidade de efeito sinergia entre tais variáveis.

5. RESULTADOS

É possível verificar que tanto no modelo Pooled (dados empilhados), quanto nos modelos de efeito fixo e aleatório, há uma estabilidade dos parâmetros estimados e estes são estatisticamente significativos em ambos os modelos. Para definição do modelo que melhor se adequa aos dados foi utilizado o teste de Hausman conforme Tabela 2, que indica o modelo de efeitos aleatórios.

Tabela 2 – Resultados estimados para o primeiro modelo.

Variáveis	**(1) Pooled**	**(2) Ef. Fixo**	**(3) Ef. Aleatório**
	$lnCO_2$	**$lnCO_2$**	**$lnCO_2$**
ln_População	1.037***	0.983***	1.026***
	(0.00510)	(0.0363)	(0.0258)
PIB	8.49e-08***	2.46e-08***	2.56e-08***
	(3.46e-09)	(1.72e-09)	(1.62e-09)
Energia.Renováveis	-0.0447***	-0.0338***	-0.0341***
	(0.000369)	(0.000454)	(0.000440)
Constant	-5.468***	-4.691***	-5.680***
	(0.106)	(0.702)	(0.493)
Observations	4,468	4,468	4,468
R-squared	0.943	0.879	0.879
Dummies de ano	SIM	SIM	SIM
Nº de países	193	193	193
Teste de Hausman		Prob>chi2	
		0.9171	

Nota: Standard errors in parentheses; *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1; Regressões ponderadas pela população média do país no período analisado. Fonte: Elaborado pelo autor.

Portanto, a partir do modelo (3) da Tabela 2, é possível verificar que um aumento de 1% da população leva a um aumento de 1,026 % nas emissões de CO_2. No que tange ao produto interno bruto, o resultado é positivo e bastante significativo a 1%, assim como verificado por Goldemberg e Lucom, (2017) Chang at. Al, (2007), Foccaci, (2007) e Shafiei e Salim, (2013) o crescimento da economia motiva a expansão das emissões dos gases poluentes.

O consumo de energia renováveis está relacionado negativamente com as emissões de CO2. Um aumento de 1 unidade na proporção do consumo de energias renováveis, implica numa diminuição de 0,0341% dos gases. Esse resultado está em consonância com os trabalhos de Chang, (2007) at. al, James, (2007) e Pacheco, (2006). Para verificar possíveis relações não lineares entre as variáveis foi estimado adicionalmente uma nova especificação, cujo resultados estão descritos na Tabela 3:

Tabela 3 – Resultados do modelo adicional

Variáveis	**(1) Pooled**	**(3) Ef. Fixo**	**(2) Ef. Aleatório**
	$lnCO_2$	**$lnCO_2$**	**$lnCO_2$**
ln_População	0.951***	1.240***	1.173***
	(0.0111)	(0.0374)	(0.0276)
PIB	1.90e-07***	6.53e-08***	6.25e-08***
	(1.12e-08)	(5.95e-09)	(5.66e-09)
Energia Renovável	-0.0415***	-0.0311***	-0.0326***
	(0.00145)	(0.00153)	(0.00149)
PIB^2	-6.94e-15***	-3.25e-15***	-3.11e-15***
	(7.51e-16)	(2.95e-16)	(2.84e-16)
$Energia.Renovável^2$	-3.22e-05**	3.96e-05***	4.54e-05***
	(1.56e-05)	(1.40e-05)	(1.38e-05)
Energ.ren X População	5.55e-12***	-4.81e-12***	-4.09e-12***
	(8.89e-13)	(1.22e-12)	(1.19e-12)
Constante	-4.068***	-9.725***	-8.547***
	(0.197)	(0.725)	(0.527)
Observações	4,468	4,468	4,468
R-squared	0.944	0.891	0.890
Dummies de ano	SIM	SIM	SIM
Nº de países	193	193	193
Teste de Hausman		Prob>chi2	
		0.3582	

Nota: Standard errors in parentheses; *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1; Regressões ponderadas pela população média do país no período analisado. Fonte: Elaborado pelo autor.

Para análise dos resultados do modelo adicional que busca identificar um comportamento não linear (quadrático) com relação as emissões de CO_2, os testes indicam que: As variáveis de população ($lnpop_{it}$), produto interno bruto ($\beta_2 pib_{it}$), e consumo de energia renovável ($\beta_1 ener_{ren_{it}}$), se mantém com excelentes níveis de significância, comparados com os resultados do primeiro modelo, reforçando a hipótese dos autores citados no trabalho.

Com relação ao produto interno bruto em função quadrática ($\beta_4 pib_{it}^2$) para um aumento de um milhão de dólares nessa variável, há um impacto negativo na emissão de CO_2 ($lnC02_{it}$), com nível de significância de 1% relativo aos países analisados, o que é confirmado pela semelhança dos resultados avaliados pelo primeiro modelo. Além disso, esses resultados atendem a Curva Ambiental de Kuznets (CAK) conforme Arraes at. al, 2006.

Na investigação dos resultados da variável explicativa do consumo de energias renováveis ($\beta_5 erner_{ren_{it}}^2$), demostra que para um aumento proporcional nessa variável, impacta positivamente na emissão de CO_2. O que propõe um outro resultado quando comparado com a primeira equação, cabe ressaltar que o modelo não-linear (quadrático) aumenta a compreensão sobre os efeitos produzidos pelas variáveis, além de possibilitar melhor entendimento das variâncias de maior magnitude, o que não é possível nos modelos lineares.

Com relação à variável de interação entre o consumo de energias renováveis e a população ($ener_renXpop_{it}$), o resultado obtido era esperado conforme valor apresentado na primeira equação. Logo foi obtido um resultado bastante significativo com desvio padrão de 1%, para um aumento proporcional da variável de interação entre o consumo de energias renováveis e população, há uma redução na emissão de CO_2 como é demonstrado com o sinal negativo na coluna de efeito aleatório.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta desse trabalho foi realizar uma análise da relação de novas energias em substituição ao consumo de fontes produzidas por combustíveis fósseis, e os efeitos da emissão de CO_2, assim como os impactos no meio ambiente e na economia, diante da população global no período entre 1990 a 2014. Para tanto, foi utilizada a metodologia de dados em painel com informações coletadas da população, Produto Interno Bruto e o consumo total de energias renováveis do mundo referente a 205 países, ilhas e territórios.

Os resultados demonstram que tanto crescimento da população quanto o aumento no PIB, implicam maior lançamento de CO_2 no meio ambiente. Além disso, se verificou o comportamento das variáveis, com função não-linear (quadrática) e variável de interação, que buscou a relação de energias renováveis com a população dos países analisados. Conforme análise de alguns artigos citados nesse trabalho e da literatura, esses modelos de regressões além demonstrarem excelente significância, atendem a Curva Ambiental de Kuznets (CAK), que nos resultados demonstram que um aumento no PIB, impactou negativamente na emissão de CO_2.

Além disso, há uma importância relevante conforme os resultados apresentados por esse trabalho e pelos artigos citados, que se faz necessário um aprofundamento das políticas ambientais em energias renováveis. É inegável uma mudança de atitude global, no sentido de incentivar o investimento em novas matrizes energéticas, mais sustentáveis e capazes de substituírem aquelas geradas através do consumo de combustíveis fósseis, afim de minimizar o efeito estufa priorizando maior importância ambiental.

Dessa forma, associada a essa mudança de atitude as políticas públicas ambientais fortalecem a capacidade dos países de se adequarem as novas matrizes energéticas de forma pontual. Assim como, as políticas de organismos internacionais que ordenam essas práticas aos governos, com o propósito de equalizar desenvolvimento sustentável de maneira global, garantido a preservação do meio ambiente, desenvolvimento econômico e bem-estar social.

REFERÊNCIAS:

ALVES, J. J. A. Análise regional da energia eólica no Brasil. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional** vol.6 nº1, 2010.

ARRAES R. A., DINIZ M. B. E DINIZ M. J. T. "Curva Ambiental de Kuznets e Desenvolvimento Ambiental Sustentável, **Revista de Economia e Sociologia Rural**, 2006.
Disponível em: <**http://dx.doi.org/10.1590/S0103-20032006000300008>**
Acesso em: 13 de outubro de 2019.

BAKKER D. E. L. B; e YOUNG, C.E.F. "Caracterização do emprego verde no Brasil**" Sociedade Brasileira de Economia Ecológica**, 2012.
Disponível em:
<http://www.ie.ufrj.br/images/gema/Gema_Artigos/2011/Bakker_Young_2011_EcoEcoCaracterizacao_do_emprego_verde_no_Brasil.pdf>
Acesso em: 11 de novembro de 2018.

Bloomberg New Energy Finance**, Frankfurt-Pnuma**, 2015.
Disponível em:
<https://about.bnef.com/blog/global-trends-renewable-energy-investment-2015/>
Acesso em: 27 de março de 2019.

CHANG C. C. A multivariate causality test of carbon dioxide emissions, energy consumption and economic growth in China, **Applied Energy**, 2007.
Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261910001583>
Acesso em: 29 de março de 2019

Consumo total de energias renováveis, **World International Statistic**, 2019.
Disponível em: <https://world-statistics.org/index-res.php?code=EG.FEC.RNEW.ZS?name=Renewable%20energy%20consumption%20(%%20of%20total%20final%20energy%20consumption)#top-result>
Acesso em: 25 de agosto de 2019.

DERGIADE T., MARTINOPOULOS G, & TSOULFIDIS
Energy consumption and economic growth: Parametric and non-parametric causality testing for the case of Greece**,** 2012.
Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.eneco.2012.11.07>
Acesso: 16 de abril de 2019.

FARIAS, L. M; e SELLITO A. M. "Uso da energia ao longo da história: evolução e perspectivas futuras", **ReseachGate**, 2011.
Disponível em:
<https://www.researchgate.net/profile/Miguel_Sellitto/publication/327431613_Uso_da_energia_ao_longo_da_historia_evolucao_e_perspectivas_futuras/links/5b995910a6fdcc59bf8de01b/Uso-da-energia-ao-longo-da-historia-evolucao-e-perspectivas-futuras.pdf>

Acesso em: 10 de novembro de 2018.

FOCACCI A. "Empirical analysis of the relationship between total consumption-GDP ratio and per capita income for different metals", **International Journal of Social Economics,** Vol. 34 Iss 9 pp. 612 636 Permanent link to this document: 2007.
Disponível em: < http://dx.doi.org/10.1108/03068290710778633>
Acesso em: 19 de abril de 2019.

FIELD, B.C; FIELD. M.K. Introdução à Economia do Meio Ambiente**.** 6ª edição: **Amgh**. 2014.

GUJARATI, D. N; PORTER, D. C. Econometria básica**.** 5ª edição. Porto Alegre: **Amgh**. 2011.

GOLDEMBERG J. e LUCAM O**. –** Energia e meio ambiente no Brasil. **Estudos Avançados**, 2007.
Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ea/v21n59/a02v2159>
Acesso em: 15 de abril de 2019.

JAMES B. – Emissões de CO2, consumo de energia e produção na França**, Nucleo de Economia Regional e Urbana da Universidade Federal de São Paulo NEREUs, 2013 .**
Disponível em:
<http://www.usp.br/nereus/wpcontent/uploads/TD_Nereus_07_2013.pdf>
Acesso em: 17 de abril de 2019.

PACHECO F. **"**Energias Renováveis: breves conceitos**"** **Economia em Destaque,** 2006.
Disponível em:
<PACHECO+F.+"Energias+Renováveis%3A+breves+conceitos"%2C+2006&oq=PACHECO+F.+"Energias+Renováveis%3A+breves+conceitos"%2C+2006&aqs=chrome..69i57.1518j0j8&sourceid=chrome&ie=UTF-8>
Acesso em: 12 de setembro de 2018.

MALPASS D. R**.** Pib dos países em relação ao Pnb, **World Bank Open Data, 2019.**
Disponível em: <https://data.worldbank.org/indicator/ny.gdp.mktp.cd>
Acesso em: 17 de agosto de 2019.

PAO, H.T. e TSAI C.M. Modelagem e Previsão de Emissões de CO2, Consumo de Energia e Crescimento Econômico no Brasil**. Energy**, 36, 2450-2458, 2011. <http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2011.01.032>

SHAFIEI S. e SALIM R. A. Energy Policy Non-renewable and renewable energy consumption and CO2 emissions in OECD countries: A comparative analysis**, by Ted Trainer, 2013**.
Disponível em: <journal homepage: www .elsevier.com/locate/enpol>
Acesso em: 19 de abril de 2019.

VAUGHAN, A. “UK Green Energy Investment Halves after Policy Changes”. **The *Guardian*, seç. Business**, 16 de janeiro de 2018.
Disponível em:<https://www.theguardian.com/business/2018/jan/16/uk-green-energy-investment-plunges-after-policy-changes>
Acesso em: 12 de setembro de 2018.

ZERVOS, A. e LINS C. REN21. Renewables Global Status Report**, Global Overview** 2016.
Disponível em:
<http://proxy.library.carleton.ca/loginurl=https://www.deslibris.ca/ID/10091391>
Acesso em: 12 de setembro de 2018.

ZERVOS A. REN21. Renewables Global Status Report, **Global Overview** 2017.
Disponível em:
http://proxy.library.carleton.ca/loginurl=https://www.deslibris.ca/ID/10091341
Acesso em: 12 de setembro de 2018.

ZERVOS, A. REN21. “Renewables Global Status Report” **Global Overview**, 2018.
Disponível em: <http://www.ren21.net/gsr-2018.>
Acesso em: 25 de outubro de 2018.