

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS

ALEXANDRE AUGUSTO VIEIRA COSTA NEVES

COMPLEXIDADE ECONÔMICA E ENERGIAS RENOVÁVEIS: UMA
ANÁLISE ECONOMÉTRICA PARA O BRASIL

São Carlos

2019

ALEXANDRE AUGUSTO VIEIRA COSTA NEVES

COMPLEXIDADE ECONÔMICA E ENERGIAS RENOVÁVEIS: UMA
ANÁLISE ECONOMÉTRICA PARA O BRASIL

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Elétrica – Ênfase Eletrônica, da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Eletricista.

Orientador: Prof. Dra. Daisy Aparecida do Nascimento Rebelatto.

São Carlos

2019

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Prof. Dr. Sérgio Rodrigues Fontes da EESC/USP com os dados inseridos pelo(a) autor(a).

C C837c	Costa Neves, Alexandre Augusto COMPLEXIDADE ECONÔMICA E ENERGIAS RENOVÁVEIS: UMA ANÁLISE ECONOMÉTRICA PARA O BRASIL / Alexandre Augusto Costa Neves; orientadora Daisy Aparecida do Nascimento Rebelatto; coorientador Diogo Ferraz. São Carlos, 2019. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica com ênfase em Eletrônica) -- Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2019. 1. Energia Renovável. 2. Complexidade econômica. 3. Econometria. 4. Brasil. I. Título.
------------	---

Eduardo Graziosi Silva - CRB - 8/8907

FOLHA DE APROVAÇÃO

Nome: Alexandre Augusto Vieira Costa Neves

Título: "Complexidade econômica e energias renováveis: uma análise econométrica para o Brasil"

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado
em 21/11/2019,

com NOTA 9,0 (Boa), pela Comissão Julgadora:

*Profa. Associada Daisy Aparecida do Nascimento Rebelatto -
Orientadora - SEP/EESC/USP*

Dr. Diogo Ferraz - SEP/EESC/USP

Prof. Associado Rogério Andrade Flauzino - SEL/EESC/USP

Coordenador da CoC-Engenharia Elétrica - EESC/USP;
Prof. Associado Rogério Andrade Flauzino

DEDICATÓRIA

*Ao meu pai Renato Costa Neves Júnior e
Irmão Henrique Costa Neves.*

AGRADECIMENTOS

Ao meu pai, Renato Augusto Costa Neves Júnior e ao meu irmão Henrique Augusto Costa Neves agradeço pelo apoio incondicional nos desafios diários de conciliação das tarefas acadêmicas e profissionais.

À Escola de Engenharia de São Carlos e seus colaboradores, agradeço pela oportunidade de estudos e o ambiente desenvolvido por todos para melhor desenvolvimento acadêmico e social. Agradeço a orientadora Daisy e ao co-orientador Diogo pelo suporte e conhecimento, base primordial no desenvolvimento do presente trabalho. Promovendo melhor entendimento e guiando nos momentos mais desafiadores para uma resolução mais clara do problema proposto.

RESUMO

COSTA NEVES, A. A. **COMPLEXIDADE ECONÔMICA E ENERGIAS RENOVÁVEIS: UMA ANÁLISE ECONOMÉTRICA PARA O BRASIL.** 2019. 198 f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2019.

O investimento em produção de energia advinda de fontes renováveis tem ganhado notoriedade no mundo, devido a necessidade de diversificação das matrizes energéticas, ampliação do acesso à energia, acarretando melhora na qualidade de vida, e principalmente a busca por meios que proporcionam uma maior competitividade comercial por parte das nações. O objetivo deste trabalho é mensurar e contextualizar o efeito da complexidade econômica perante o incremento na produção de energias renováveis (solar, eólica, hidroelétrica e mare motriz). O presente trabalho utilizou estimativas econométricas de forma a mensurar o impacto e a significância estatística da complexidade econômica e outras variáveis de controle (Índice de Desenvolvimento Humano, força de trabalho e consumo eletricidade). Desta forma, o principal resultado deste trabalho foi comprovar o impacto positivo e significativo da complexidade econômica sobre a geração de energia renovável no Brasil. Ademais, notou-se relação positiva do Índice de Desenvolvimento Humano, força de trabalho e consumo de eletricidade em relação à geração energética renovável.

Palavras-chave: Energia Renovável, Complexidade Econômica, Brasil, Econometria.

ABSTRACT

COSTA NEVES, Alexandre Augusto. **ECONOMIC COMPLEXITY AND RENEWABLE ENERGY: AN ECONOMETRIC ANALYSIS FOR BRAZIL.** 2019. 198 f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2019.

Investment in energy production from renewable sources has gained notoriety in the world, due to the need for diversification of energy matrices, increased access to energy, leading to improved quality of life, and especially the search for means that provide greater commercial competitiveness. by the nations. The objective of this work is to measure and contextualize the effect of economic complexity in face of the increase in the production of renewable energies (solar, wind, hydroelectric and tidal wave). The present work used econometric estimates to measure the impact and statistical significance of economic complexity and other control variables (Human Development Index, labor force and electricity consumption). Thus, the main result of this work was to prove the positive and significant impact of economic complexity on renewable energy generation in Brazil. In addition, there was a positive relationship between the Human Development Index, labor force and electricity consumption in relation to renewable energy generation.

Keywords: Renewable Energy, Economic Complexity, Brazil, Econometrics.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Produção e Previsão da Produção Mundial de energia por matriz	17
Figura 2- Relação Energias Renováveis e Não Renováveis no Brasil e no Mundo	21
Figura 3 - Consumo final por origem energética.....	22
Figura 4 Impactos Ambientais x Estágio Tecnológico.....	25

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Produção Energética dos Integrantes e não integrantes da OECD.....	19
Tabela 2 Empregos x Matriz Energética	26
Tabela 3-Variáveis utilizadas na pesquisa.....	31
Tabela 4: Estimativas Econométricas para a geração de energias renováveis	34

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
2 ENERGIA NO BRASIL E NO MUNDO.....	15
2.1 Movimentos Internacionais.....	15
2.2 Energia no Mundo.....	17
2.3 Energia no Brasil.....	20
2.4 Energia no Brasil.....	24
3 COMPLEXIDADE ECONÔMICA.....	27
3.1 Conceitos Gerais.....	27
3.2 Doença Holandesa.....	29
3.3 Complexidade Econômica e Commodities.....	29
4 MÉTODO.....	31
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	34
6 CONCLUSÃO.....	37
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	38
APÊNDICE A.....	40

1. Introdução

Por muitos anos, os indicadores econômicos se preocuparam apenas com o crescimento do Produto Interno Bruto (PIB). No entanto, com a maior preocupação com desenvolvimento econômico e a crescente inovação tecnológica, muitas variáveis como, por exemplo, o índice de complexidade econômica, surgiram como uma forma de mensurar o desenvolvimento de uma nação.

O crescimento global, principalmente relacionado a produção de bens, possui grande dependência da produção e distribuição de energia, estando essa disposta de diversas formas (matrizes) para os produtores. Neste tópico, ressalta-se ainda, o crescente investimento das grandes potências e alguns países em desenvolvimento na busca por energias renováveis e sustentáveis que possam gerar uma menor dependência de uma matriz única, amenizando-se as oscilações de mercado e principalmente gerando a capacidade de alterar sua estrutura em casos de falta de recursos não-renováveis.

O conceito de complexidade econômica e a sua relação com o desenvolvimento da nação está diretamente ligado a capacidade de inovação e diversificação da economia, visto as turbulências ocasionadas pela produção de uma pequena cesta de produtos e a dependência deste em relação ao mercado. Partindo-se pelo princípio de que um país, ao permitir a inovação e a diversificação (inclusive no modo produtivo de energia), estará menos propenso a sofrer as turbulências produtivas e poderá gerir seu desenvolvimento econômico e social de um modo sólido.

O Brasil, tratando-se no planejamento de energias renováveis, apresenta vantagens que possibilitam a introdução de novos meios de energia, como a Eólica no Nordeste, a energia advinda da biomassa da cana de açúcar (principalmente na região sudeste) e principalmente a energia baseada no funcionamento das hidrelétricas.

O Brasil, que é destaque na produção mundial de energia e grande exportador de commodities, ainda busca aprimorar a estrutura produtiva. Não há caminho possível para o desenvolvimento econômico sem que se busque a sofisticação econômica. Em outros termos, é necessário produzir bens com maior valor agregado para que o país se torne mais competitivo internacionalmente e promova desenvolvimento econômico de forma sustentada.

Todos os países ricos são complexos e sofisticados e todos os países pobres são não complexos e não sofisticados. Logo, definindo complexidade econômica essencialmente como a capacidade de integração de diversas vertentes intelectuais

(diferentes especialidades humanas, tanto nas áreas de exatas, humanas e biológicas) de uma nação a fim produzir bens de valor agregado e não ubíquos e aumentando assim a diversidade da sua cesta de exportação (HAUSMANN et al, 2014).

A busca das nações por novos modos de produção energética se tornou um tema amplamente discutido no âmbito mundial. Em 2015, foi realizado o “Acordo de Paris”, um compromisso importante para redução da emissão de dióxido de carbono no mundo. Neste contexto, destaca-se o anseio e a necessidade das nações em buscar novas matrizes energéticas, visto que, a sua produção e a base econômica destas são dependentes de grandes quantidades de energia, as quais, são destaque nos índices de poluição.

Os modos de energia, além de serem a base para a produção, funcionam de modo direto e indireto como um grande fator no crescimento econômico das nações. Visto que muitas dessas energias têm se transformado em mercadorias (sendo comercializadas em mercado futuro através de “Balcões de negociação” e leilões). Logo, qual seria o impacto do desenvolvimento de tecnologias energéticas alternativas sobre a complexidade econômica de um país? Para responder esta pergunta de pesquisa, o presente trabalho busca entender a variação do índice de complexidade econômica baseado na implementação de novas formas de energias sustentáveis em uma nação e suas consequências no desenvolvimento.

A implementação e o entendimento desta depende principalmente da busca por entender o funcionamento da matriz energética, compreender a composição da complexidade econômica de um país, definir as variáveis econômicas importantes decorrentes da implementação de novas matrizes e relacioná-las com o índice de complexidade econômica.

O presente trabalho é composto por 6 capítulos, além desta introdução. O segundo capítulo discorre sobre a importância das energias renováveis no Brasil e no mundo. O terceiro capítulo apresenta o conceito de complexidade econômica. O quarto capítulo apresenta o Método. O quinto capítulo discute os resultados econométricos deste trabalho. Por fim, o sexto capítulo conclui.

2. Energia no Brasil e no Mundo

2.1. Movimentos Internacionais

As conferências Internacionais, encontros entre as nações em desenvolvimento e desenvolvidas, visando a alteração (de forma gradual) da matriz energética, de matrizes com altos índices de emissões de substâncias poluentes e movidas por produtos base exauríveis, para matrizes mais limpas e renováveis foram recorrentes durante os anos, buscando alinhar o crescimento econômico e a sustentabilidade.

As discussões e os grandes acordos para a mudança podem ser historicamente classificadas nos seguintes encontros e acordos: Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente Humano, em Estocolmo (1972), Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, na cidade do Rio de Janeiro (1992), a Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável, em Johannesburgo (2002), Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável, na cidade do Rio de Janeiro (2012) e a Conferência das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas de 2015, em Paris (2015).

A Conferência de 1972, na cidade de Estocolmo, teve como grande destaque o “confronto” entre as nações desenvolvidas e as nações em desenvolvimento. O mote do conflito se dava ao pedido das nações em desenvolvimento para que os desenvolvidos fornecessem instrumentos adicionais para a preservação dos desequilíbrios causados até o momento. Todavia, os países em desenvolvimento temiam que regras a fim de promover o maior consumo de energias renováveis fossem um entrave para o seu desenvolvimento nacional, acarretando assim grandes mudanças nas políticas internas (RUBENS, 2011).

Todo o embate da Conferência de Estocolmo (nações desenvolvidas e nações em desenvolvimento), foram baseadas na polarização da época. Polarização alimentada através da publicação do livro: Os Limites de Crescimento, Meadows, 1972, elaborado pelo clube de Roma), relatório que defendia o cessar imediato do crescimento econômica e populacional, e o grupo que teorizava acerca de mecanismos que alinhassem o crescimento econômico e a reversão da dinâmica demográfica, a fim de, a médio prazo, ambos coexistirem (MEADOWS et al, 1972).

A “Conferência Rio-92” possuiu como marco a criação da Convenção-Quadro das Nações Unidas (UNFCCC – United Nations Framework Convention on Climate Change), ocorrendo a criação da “Agenda 21” e o fundo “Global para o Meio Ambiente, do Banco Mundial.

As subscrições dos documentos elaborados na Conferência apresentaram diferencial, quando comparada aos eventos anteriores, a fixação de grandes princípios normativos e linhas políticas a serem adotadas pelos governos. Dentre os documentos assinados destacam-se: Agenda 21, Declaração de Princípios de Florestas e a Declaração do Rio sobre Meio ambiente e desenvolvimento (COSTA, 2005).

Ressalta-se na “Conferência Rio-92” a anexação definição de desenvolvimento sustentável como o desenvolvimento que satisfaz as necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir as suas próprias necessidades (BRUNDTLAND, 1987).

A Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável, em Johannesburgo (2002) manteve o conceito de que as causas de problemas ambientais estavam alinhadas ao nível de pobreza, posicionando desse modo a culpa as nações em desenvolvimento.

O resultado da conferência de 2002 podem ser destacados nos seguintes pontos: fixação ou a reafirmação de metas para a erradicação da pobreza, água e saneamento, saúde, produtos químicos perigosos, pesca e biodiversidade; a inclusão de dois temas de difícil progresso em inúmeras negociações anteriores (energias renováveis e responsabilidade corporativa); a decisão política de criação de fundo mundial de solidariedade para erradicação da pobreza; e o fortalecimento do conceito de parcerias entre diferentes atores sociais para a dinamização e eficiência de projetos.

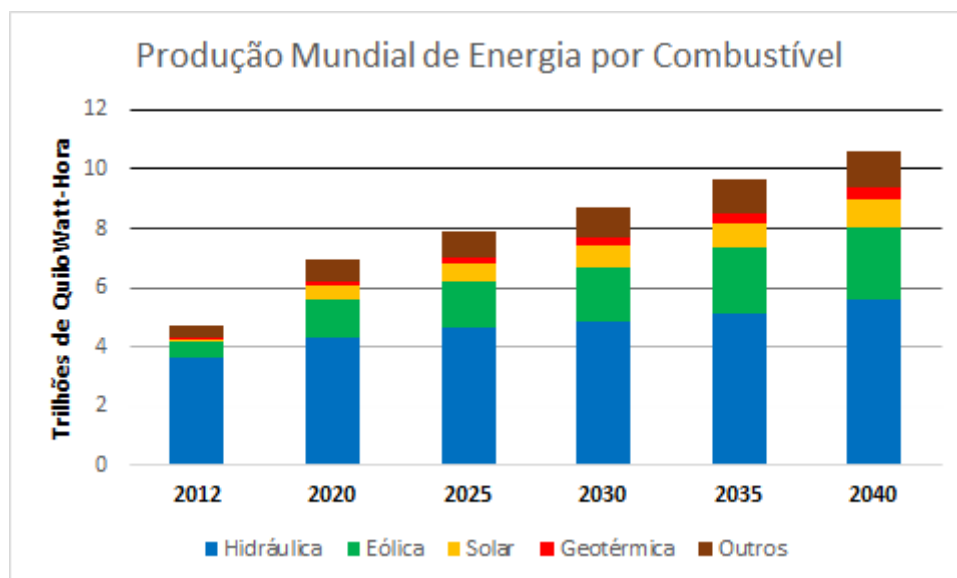
Como último grande marco nas tratativas das nações para ampliação de energias renováveis e discussões acerca do meio ambiente, ocorreu a Conferência de Paris, 2015, em cujo contexto o Brasil destacou-se nas negociações, mantendo-se como mediador entre os países reticentes na adoção de alguns pontos, Índia e China, destacando-se como os maiores investidores em energia Solar do mundo e países que apoiavam as medidas discutidas até o momento.

Como grande resultado dessa conferência destaca-se o investimento de US\$ 100 Bilhões por ano em medidas ao combate a mudança do Clima, o que promoverá grandes estudos em energias renováveis e grandes investimentos em tecnologias, acarretando, novos produtos com valores agregados, destacando-se os países em desenvolvimento e o seu grande retorno para capitais investidos em novas fontes de energia (CONFERENCIA DO CLIMA TERMINA COM 'ACORDO HISTÓRICO' CONTRA AQUECIMENTO GLOBAL, 2015).

2.2. Energia No Mundo

As matrizes elétricas baseadas em fontes renováveis apresentam o maior crescimento de produção mundial. A Figura 1 apresenta a quantidade de energia produzida por matriz energética (em trilhões KWH) e a visão da agencia americana da produção destas mesmas matrizes até o ano de 2040 (CONTI et al, 2016).

Figura 1- Produção e Previsão da Produção Mundial de energia por matriz



Fonte: EIA 2016 (“Energy Information Administration”)

Considerando o dado acima e classificando os países em OECD (Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico), compostos por 34 nações: Austrália, Áustria, Bélgica, Canadá, Chile, República Checa, Dinamarca, Estônia, Finlândia, França, Alemanha, Grécia, Hungria, Islândia, Irlanda, Israel, Itália, Japão, Coreia do Sul, Luxemburgo, México, Holanda, Nova Zelândia, Noruega, Polônia, Portugal, Eslováquia, Eslovênia, Espanha, Suécia, Suíça, Turquia, Inglaterra e os Estados Unidos da América. Nota-se que utilizando as projeções da agência americana os países os países não integrantes da OECD superam na geração de energia no uso de energias renováveis. Conforme dados apresentados na Tabela 1.

A taxa de crescimento de produção energética por ano por matriz energética pode ser totalmente pela capacidade de países emergentes apresentarem alta rentabilidade e grande capacidade de retorno para investimentos em energias renováveis. Consolidando

tal fato possuímos os seguintes aspectos de variação energética entre países integrantes e não integrantes da OECD.

A Figura 1, apresentando a previsão de crescimento na utilização de energias renováveis, alinhado aos dados apresentados com a Tabela 1, apresentam grande expectativa de investimentos por parte de países em desenvolvimento em fontes alternativas de energia. Corroborando o modelo apresentando, notamos que a China, grande investidora atual em diversificação de matrizes energéticas, um grande avanço, aumentando a produção Chinesa em 47,7% a produção de energia hidrelétrica, no período de 2010 a 2014 (EIA), e no mesmo período um grande avanço nos seus dados de complexidade econômica. Ressalta-se que o período em questão apresenta o grande movimento operacional da hidrelétrica de Três Gargantas, tornando-se ao final de 2014 a maior usina do setor no mundo. A capacidade de produção da obra Chinesa é estimada em 98,8 milhões de megawatts em 2014.

A taxa de produção de energia para os países pertencentes a OECD e não pertencentes são respectivamente 2.3 trilhões de kWh e 2.8 trilhões kWh, ambos os dados considerando apenas a produção de energias diferentes da matriz hidro.

Os dados publicados pela agência americana destacam a grande diferença entre os grupos principalmente pelo grande investimento de Índia e China na matriz energética Solar, o que analisando a Figura 1, nota-se uma variação grande do ano de 2012 para o ano de 2040.

A Figura 1 apresenta apenas o resultado final, previsão, da produção energética, não apresentando de forma clara a taxa de crescimento anual e a comparação entre as nações pertencentes a OECD e não integrantes. Como ressaltado, os países emergentes e sua capacidade de retorno de investimento em energias renováveis acarreta uma taxa de crescimento anual superior aos países da OECD, como destacados abaixo.

- OECD: Solar, Eólica e geotérmicas (4,3%/ano)
- Não integrantes da OECD (crescimento médio de 15,7%)
 - Eólica 7,7%/ano
 - Geotérmica: 8,6%/ano
 - Solar: 15,7%/ano.

Assegurando todos os dados acima, destaca-se abaixo na tabela1, maior detalhamento dos dados indicados, destacando por ano a produção das nações e o total mundial, dados otimistas para o cenário de energias renováveis.

Tabela 1- Produção Energética dos Integrantes e não integrantes da OECD

<i>Fonte de Energia Por Grupo</i>	<i>2012</i>	<i>2020</i>	<i>2025</i>	<i>2030</i>	<i>2035</i>	<i>2040</i>
OECD	2169	2975	3211	3412	3687	3987
Hidráulica	1375	1482	1532	1558	1592	1696
Eólica	379	806	910	1017	1198	1310
Geotérmica	42	74	90	107	121	135
Solar	92	228	247	270	291	324
Outros	281	385	432	460	485	522
Não Integrantes da OECD	2559	3898	4683	5270	5957	6642
Hidráulica	2270	2812	3095	3258	3554	3875
Eólica	142	506	693	845	995	1143
Geotérmica	26	65	118	202	230	261
Solar	11	219	352	452	556	638
Outros	110	296	425	513	622	725
Mundo	4728	6873	7894	8682	9644	10629
Hidráulica	3645	4294	4627	4816	5146	5571
Eólica	521	1312	1603	1862	2193	2453
Geotérmica	68	139	208	309	351	396
Solar	103	447	599	722	847	962
Outros	391	681	857	973	1107	1247

Fonte: EIA 2016 (“Energy Information Administration”)

A Tabela1, como os dados apresentados previamente demonstram um grande interesse das nações no modo de produção solar, devido a seu grande potencial e sua fonte “inesgotável”. Como citado anteriormente nações asiáticas como Índia e China apresentam grandes investimentos na área, devido ao seu grau de taxa de crescimento estes necessitam novas formas de energias e uma forma de estarem menos voláteis ao mercado mundial de energia (a produção de energias fósseis sofre variação constante devido a interesses dos grandes produtores e devido a jogadas políticas).

Baseado no relatório do EIA 2016 (U.S Energy Information Administration, 2016) a previsão dos maiores produtores de energia baseado em energia solar são, em ordem de importância: China, Alemanha, Japão, Espanha, Itália e França. Os países citados representaram no ano de 2012 76% de toda produção energética advinda da matriz solar e com o crescimento das nações em desenvolvimento e sua peculiaridade para retornos na área de energias renováveis, os 6 maiores produtores listados anteriormente representarão 61% no ano de 2020 (CONTI et al, 2016).

Dentre os países pertencentes a OECD e com investimentos em energia eólica destaca-se a seguinte nação: Estados Unidos da América (incremento de 53,3% no consumo de energias renováveis) e aumento de 19% no seu índice ECI. Os Estados Unidos da América apresentam dados interessantes por iniciar pesquisas para diversificação da energia, principalmente eólica. Para o período destacado, nota-se a presença de 48.600 turbinas em operação no país, com uma capacidade de geração aproximada de 65,9 GW. Produção suficiente para abastecimento de 15,5 milhões de casas (LOUREIRO et al., 2017).

O desenvolvimento americano na produção eólica e conseqüentemente no aumento do consumo da mesma apresenta melhor exemplo na região do Texas, cuja capacidade de produção para o ano de 2014 atingiu marcas de 14,1 GW, representando 21% de toda a capacidade de produção dos EUA (LOUREIRO et al., 2017).

O desenvolvimento americano em energias eólicas corrobora com a ideia desenvolvida por MOSSELE, 2011, cuja ideia baseia-se que países desenvolvidos promovem a expansão das matrizes energéticas renováveis a fim de reforçar a segurança no fornecimento de energia (evitando-se assim a grande dependência das matrizes fósseis e sua grande volatilidade de preços internacionais) (MOSSELE, 2011).

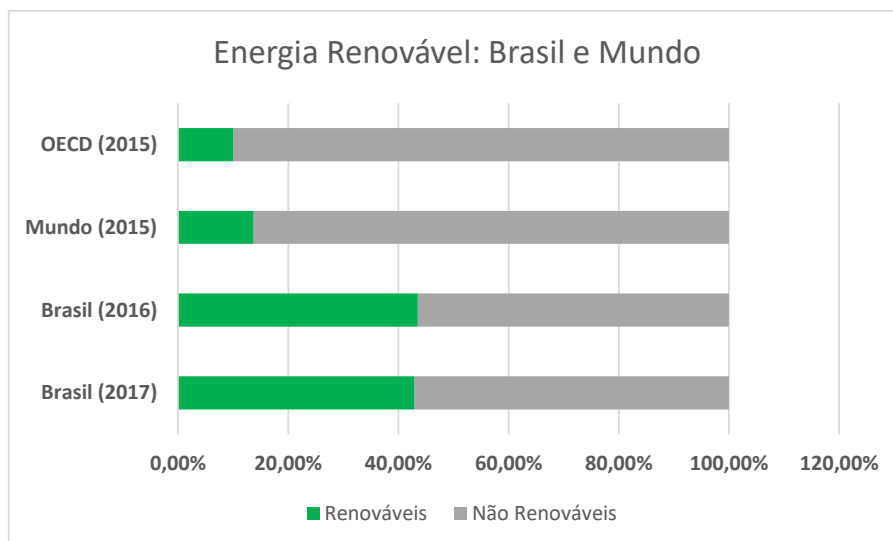
Promove-se então, a partir do desenvolvimento das energias renováveis, em maior grau em países em desenvolvimento, um efeito multiplicador sobre o desenvolvimento econômico e social da nação, pois conforme defendido por Llera Sastresa et al. (2010) para a indústria relacionada com a produção de energia eólica temos como principal ponto o nível de especialização muito alta (comissionamento) e tecnológico, agregando-se as definições de diversificação de ubiquidade que promovem o incremento da complexidade econômica.

2.3.Energia no Brasil

A matriz energética brasileira pode ser compreendida através do avanço tecnológico e da demanda industrial nacional. De forma similar ao ocorrido nos movimentos internacionais na busca por fontes renováveis e limpas de energia, destaca-se o Brasil como o quinto país que mais investe em energias renováveis, dado elaborado pelo Relatório da Conferência das Nações Unidas para o comércio e desenvolvimento (2011), sendo os investimentos distribuídos principalmente para as fontes hidrelétricas e de biocombustíveis.

Com base em dados publicados pela EPE (Empresa de Pesquisa Energética), 2018, cujo vínculo com o ministério de minas e energia (MME), tem por finalidade prestar serviços na área de estudos e pesquisas para planejamento do setor elétrico, temos nas imagens abaixo dados referentes a produção e o consumo de energia no cenário Nacional:

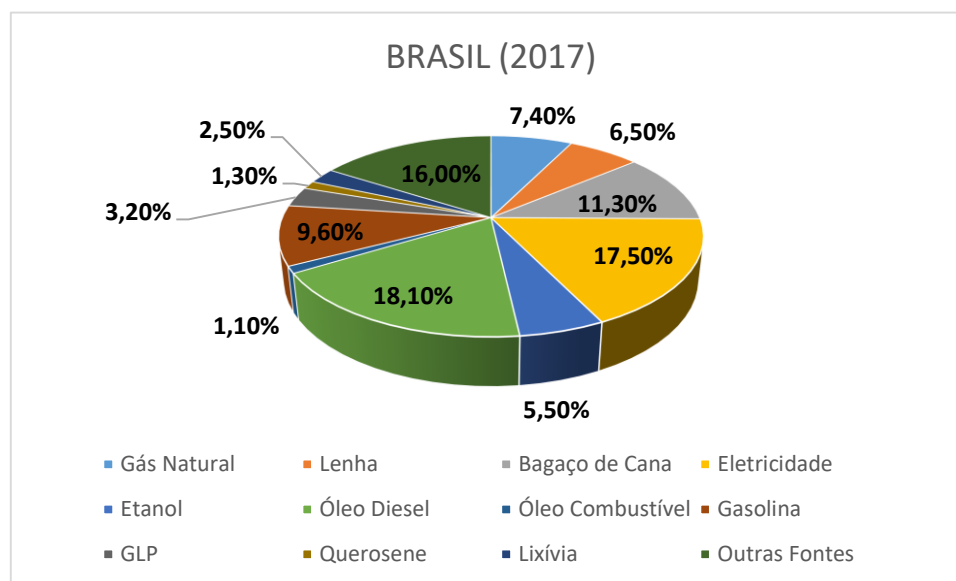
Figura 2- Relação Energias Renováveis e Não Renováveis no Brasil e no Mundo



Fonte: Ministério de Minas e Energia, EPE 2018.

A Figura 2 acima demonstra a grande disparidade brasileira em relação ao mundo quando equacionado a produção de energias renováveis nos cenários nacionais. O Brasil, conforme relatório do EPE (2018), possui quase a paridade de produção entre as energias renováveis e não renováveis. No entanto, como destacado na figura 3 abaixo, o consumo final por origem da fonte energética ainda se apresenta muito concentrada em alguns itens.

Figura 3 - Consumo final por origem energética



Fonte: Ministério de Minas e Energia, EPE 2018.

Dentre as energias citadas, pouco se destaca a presença da energia eólica. Essa matriz energética apresentou um grande aumento de estudos e produtividade durante o período de 2004 a 2011. A estagnação e o início do foco governamental para outras questões deram-se principalmente pela crise mundial, a qual, tornou-se responsável pela mudança de área de investimentos governamentais e privados, ambos buscando momentaneamente retornos mais rápidos e certos.

No entanto, o processo histórico do processo de “instalação” da energia eólica deu-se em 1990, com a construção do primeiro aro gerador da América Latina. O crescimento e desenvolvimento de tecnologias na área fez com que estudos estimassem a variação de potencial eólico brasileiro de 143 GW, em 2001, publicado pelo atlas do potencial eólico brasileiro, para atuais 300 GW, utilizando aro geradores com alturas média de 80m a 100m.

A relevância do processo de instalação do modelo energético destacou-se através de dados emitidos por estudos governamentais, consolidando a expectativa e o planejamento de produção de 8,1 GW de energia eólica para o Brasil até o ano de 2020 (EPE, 2011). Juntamente com dados governamentais, institutos americanos destacaram países emergentes como grande polo rentável para investimentos em tecnologia e instalação de novas energias, nesse cenário, destaca-se a ERNST & YOUNG, que no ano de 2011, publicou níveis de atratividade do mercado de energias renováveis, posicionando o Brasil como 10º país mais atrativo para investimentos em energias

renováveis e 9º mercado mais atrativo para investimentos em energias eólicas (Ernst & Young, 2011).

O contexto de crise mundial, e o grande potencial, tanto de geração de empregos diretos e indiretos e a grande possibilidade de exportação de produtos (principalmente tecnologia) referente a produção de energia eólica tornou justificável a instalação de fábricas e o início de pesquisas na área.

A base de desenvolvimento da matriz eólica depende de grande volume de trabalho e principalmente de grande teor de qualificação de mão de obra. Estudos realizados e publicados por: Llera Sastresa et al. (2010) dividem essa indústria em 3 pontos: Desenvolvimento tecnológico (nível de especialização muito alta), instalação e de comissionamento (alto nível de especialização) e pôr fim a operação e manutenção (médio nível de especialização).

Estudos realizados por Moana Simas e Sergio Paca (2012) estimam a criação de 195 mil postos de empregos através da construção dos parques eólicos. A geração de empregos do estudo ainda ressalta o desenvolvimento regional, garantindo a circulação de renda em uma determinada região, como o Nordeste, região com maior potencial para construção dos parques e região com alto grau de desemprego e baixos índices de qualificação da mão de obra (SIMAS, 2013).

De forma comparativa a outras formas energéticas, analisando a Tabela 1, contida no subitem anterior, destaca-se a produção eólica como a segunda matriz energética em crescimento, quando analisado em %, e perdendo em total de energia produzido apenas para energias Hidrelétricas.

Contraopondo-se ao “pequeno” desempenho atual e o grande potencial da energia eólica no cenário nacional, destaca-se o rápido avanço tecnológico e o grande montante de investimentos que ocorrem na produção de energias advindas da biomassa. No Brasil dentre as energias advindas da biomassa destacam-se: Produção de Etanol, a cogeração de eletricidade do bagaço da cana e biomassa advindas da indústria de papel e celulose e a capacidade hidrelétrica brasileira.

Tal fenômenos do uso de bioenergia deve-se a expansão de carros flexfuel e à competitividade destes produtos frente ao preço da gasolina. Desse modo o grande destaque nacional será vinculado ao transporte e armazenamento destes produtos visando a exportação dos mesmos.

No tocando a produção elétrica baseada na biomassa da cana-de-açúcar, estima-se em 2020 (EPE, 2011) uma produção anual de 17GW frente ao valor de 9,6GW

produzido no ano de 2017. Tornando-se assim uma grande consolidação no cenário nacional.

No tocante as capacidades hidrelétricas brasileiras destacam-se o uso intensivo desse tipo de matriz no fornecimento atual. Em 2010 a produção de energia baseada em hidroeletricidade foi responsável por 81% de toda a matriz energética brasileira. O destaque no contexto hidrelétrico destina-se para o potencial mundial, sendo o Brasil responsável por 10% de todo o potencial mundial.

Considerando a principal matriz energética a hidrelétrica, atribui-se a esse modelo 4 aspectos muito importantes quando analisadas projeções e investimentos nacionais: é renovável, praticamente não emite gases de efeito estufa, é extremamente competitiva, e o Brasil é capaz de desenvolver, construir e fornecer esse serviço com 100% de produtos nacionais (agregando valores tecnológicos e econômicos aos produtos).

2.4. Energia, Força de trabalho e IDH

Contrapondo-se a posição das matrizes energéticas dos países desenvolvidos, os países em desenvolvimento fazem uso desse aprimoramento para universalização do acesso ao consumo de eletricidade, principalmente facilitando soluções para problemas estruturais (MENTONE, 2015).

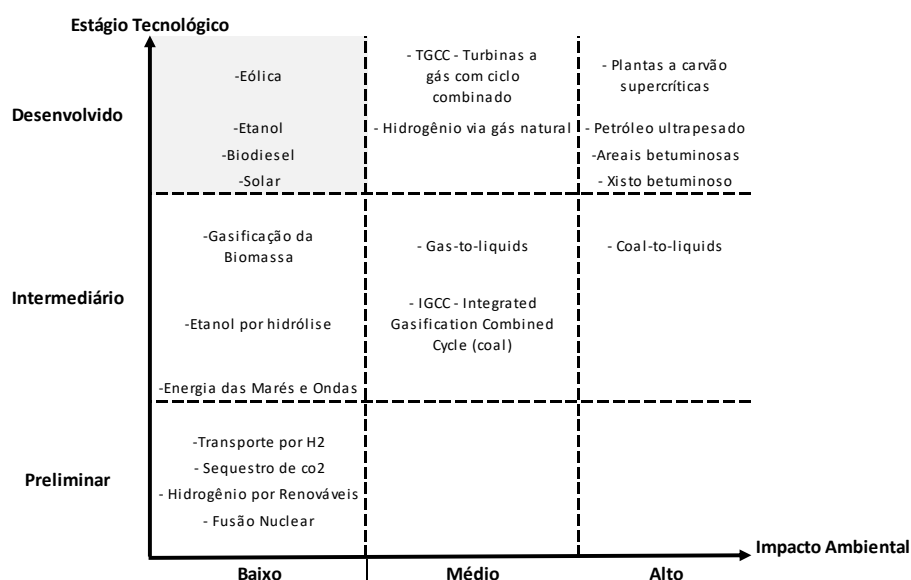
A utilização dos parâmetros de IDH apresentados pelo Programa de Desenvolvimento das Nações Unidas (PNDU) como: vida longa e saudável (expectativa de vida), educação e nível de renda, nota-se que o desenvolvimento de energias renováveis influencia o acesso a tecnologias e utensílios a setores da sociedade previamente afetados pela infraestrutura, dentre os quais destacam-se atendimentos à saúde que podem ser ampliados devido a segurança energética promovido pelo desenvolvimentos e amplificação das matrizes produtoras (MENTONE, 2015).

O IDH, parametrizado pela constante de nível de renda de uma população, é relacionado com a produção de energias renováveis devido a geração de empregos e renda, como também o nível das tarifas energéticas, acarretando diminuição nos custos de produção e conseqüentemente melhorando a produção, competitividade nacional e diretamente a renda per capita (MENTONE, 2015).

A premissa educacional, baseada no desenvolvimento tecnológico das energias renováveis e principalmente o impacto ambiente que as mesmas apresentam ao sistema podem ser analisadas graficamente no gráfico abaixo. Nota-se que um menor impacto

ambiente decorrente da utilização de novas tecnologias acarreta uma melhora na qualidade de vida da população (correlação entre doenças e expectativa de vida), parâmetros essenciais para cálculo do IDH realizado pelo PNDU (PINTO JUNIOR et al., 2007).

Figura 4 Impactos Ambientais x Estágio Tecnológico



Fonte: PINTO JUNIOR et al., 2007.

Baseado na classificação tecnológica apresentada por Pinto Júnior et al. (2007) corrobora-se a ideia do desenvolvimento de energias como Solar e Eólica para a especialização do mercado de trabalho exposto por Llera Sastresa et al. (2010). Acrescenta-se nesse ponto, além do incremento educacional destacado na força de trabalho (acarretando aumento do índice IDH), a força de trabalho necessária para instalação de tais energias e montagem de todo o setor necessário para. Segundo Moana Simas e Sergio Paca (2012), a instalação de parques eólicos na região nordeste geraria 195 mil postos de emprego (Simas, Moana, 2013, p.103).

Os dados discutidos no estudo de Simas e Moana (2013) corroboram no sentido apresentado pelo modelo. No entanto, os dados apresentados pela International Renewable Energy Agency (IRENA), demonstra a grande evolução na geração de empregos devido a implementação de novas tecnologias. Os dados detalhados na tabela 4, abaixo, demonstram uma evolução de 44,8% entre o período de 2012 a 2017 nos empregos gerados pelas novas tecnologias de energia (IRENA,2019).

Tabela 2 Empregos x Matriz Energética

Empregos (Milhões)							
Ano	Hidro	Fotovoltaica (Solar)	Bioenergia	Eólica	Aquecimento Solar	Outras	Total
2012	1,41	1,36	2,4	0,75	0,89	0,33	7,14
2013	1,74	2,27	2,5	0,83	0,5	0,38	8,22
2014	1,66	2,5	2,99	1,03	0,76	0,4	9,34
2015	1,63	2,77	2,88	1,08	0,94	0,4	9,7
2016	1,52	3,09	2,74	1,16	0,83	0,45	9,79
2017	1,51	3,37	3,06	1,15	0,81	0,45	10,34

Fonte: International Renewable Energy Agency, 2019.

A Tabela 4, demonstra a grande evolução de empregos geradas pela energia solar (Fotovoltaica e aquecimento), forma a demonstrar o grande avanço tecnológico desenvolvido por essa matriz e a amplitude e que se utiliza, caracterizada como desenvolvida e de baixo impacto ambiental nos estudos apresentados por Pinto Júnior (2007) (PINTO JUNIOR et al., 2007).

Os mesmos dados corroboram para os parâmetros apresentados utilizados pelo PNDU, cujo avanço de IDH está alinhado a geração de renda, diretamente conectado a geração de empregos e ampliados para empregos mais técnicos. Os dados promovem o melhor entendimento do consumo de eletricidade e força de trabalho. Visto que a diversificação do modelo de energia, promove maior competitividade comercial para as nações (custo de produção) e com isso, aumento do consumo de eletricidade por parte de grandes empresas (MENTONE, 2015).

Do lado social, a redução dos custos permite aos países em desenvolvimento o maior acesso da comunidade aos utensílios dependentes dessa forma de energia (MENTONE, 2015).

3. Complexidade Econômica

3.1. Conceitos Gerais

Conforme Hausmann (2014) a complexidade econômica de um país é mensurada pelos bens produzidos pelas nações, sendo este um fator primordial na estrutura produtivo. Nesse ponto ressalta-se que a complexidade econômica e a estrutura produtivo estão na capacidade de uma nação agregar valores aos seus produtos importados (HAUSMANN et al, 2014).

Dentro do meio energético destaca-se a alta complexidade de empregos gerados no desenvolvimento de novas tecnologias e na implementação das mesmas, visto que, a criação dessas tecnologias decorre de altos investimentos em estudo. Nessa situação, como citado no capítulo anterior, destaca-se a China e seu potencial no desenvolvimento de energia solar.

O termo complexidade econômica busca em vários parâmetros mensurar o desenvolvimento de um país utilizando outras variáveis, quebrando assim a o método tradicional de crescimento do PIB, índice de Gini e o IDH (FERRAZ et al., 2018a; FERRAZ et al., 2018b).

Hausmann (2014) define a complexidade econômica como sendo um índice dependente aos tipos de produtos desenvolvidos pela nação, porém, aprofunda-se no conceito de que os produtos desenvolvidos e produzidos pela nação na realidade são resultado da integração de diversas áreas de conhecimento, destaca-se não apenas o conceito de possuir o conhecimento, mas o poder de integrá-los, ou seja:

“A quantidade de conhecimento embutido em uma sociedade, no entanto, não depende principalmente de quanto conhecimento cada indivíduo detém. Depende, ao contrário, da diversidade de conhecimento entre os indivíduos e de sua capacidade de combinar esse conhecimento e utilizá-lo através de complexas teias de interação” (HAUSMANN et al 2011, p. 15).

Logo, os países com maior capacidade de integração e desenvolvimento de conhecimento mantem um índice de complexidade econômica maior e mais estável (HAUSMANN et al., 2014).

O Atlas da complexidade econômica, base de suporte para cálculo do ECI das nações, e mantido por um time que é composto por Ricardo Hausmann (Harvard) e Cesar Hidalgo (MIT), correlaciona a cesta de produtos produzidos por uma nação e seu ECI.

Conforme o Atlas da Complexidade os 5 primeiros colocados e os seus respectivos ECI's são: Japão (2.26), Suíça (2.17), Coréia do Sul (2.03), Alemanha (2.01) e Singapura (1.89) (HAUSMANN et al, 2014).

No entanto para os destaques energéticos atuais e com grande capacidade futura (incluindo o Brasil), temos os seguintes ECI's e suas posições: Estados Unidos da América, 10° (1.55), China, 18° (1.16), Índia, 49° (0.191), Brasil, 53° (0.138) e como grande exportador de combustíveis fósseis (petróleo) destaca-se os Emirados Árabes, 51° (0,162) (HAUSMANN et al, 2014).

Definindo PCI como o equivalente de complexidade econômica para um determinado produto, ou seja, seu papel na composição da complexidade de bens produzidos por uma nação, destacam-se os seguintes produtos com maior PCI: Bandas sem fim de fio de cobre para máquinas (3.51), Tubos de Chumbo (3.51), Folha de Estanho com espessura menor que 0,2 mm (2.51) e Centros de usinagem, máquinas de construção de unidades (estação única) e máquinas de transferência multi - estação, para trabalhar com metal (2.22) (HAUSMANN et al, 2014).

No entanto, existem produtos que possuem o valor de PCI negativo, ou seja, são bens que ínfimo nível tecnológico e com baixo valor agregado, classificando-os como irrisórios nas cestas de produção. Nesta situação destacam-se os seguintes produtos:

Cocos, castanha do Brasil e castanha de caju, frescos ou secos, mesmo sem casca ou pelados (-2.48), Óleos de petróleo e óleos obtidos de minerais betuminosos, brutos (-2.28), Alumínio em formas Brutas (-1.12) (HAUSMANN et al, 2014).

Apenas a análise dos índices não promove o entendimento total do papel dos produtos e seus respectivos valores na composição do índice de complexidade econômica. A exploração da commodities não necessariamente representa um atraso perante a variação do índice, pois o produto natural pode levar e permitir a transformação de itens mais simples em produtos mais complexos. Nesse cenário destaca-se dois conceitos muito importantes: a Diversificação e da ubiquidade, sendo a primeira a definição dos maiores números de produtos e bens produzidos com diferentes características e o segundo conceito sendo definido como uma medida de quantas nações produzem tal bem, de forma sucinta, demonstrando a capacidade de mercado de um bem (tornando-se quase um monopólio quando apenas 1 país tem essa capacidade) (HAUSMANN et al, 2014).

3.2. “Doença Holandesa”

O termo Doença Holandesa teve origem no período de 1960 e 1970, cujo significado é atrelado a descoberta de gás natural na Holanda e o impacto nas suas exportações. O aumento significativo da exportação de um único produto acarretou na nação holandesa um bloqueio de desenvolvimento, ou seja, de acordo com Gala (2017) houve nesse período a retração dos bens comercializáveis devido a apreciação cambial, acarretando dessa maneira dificultou a produção de bens com maior índice agregado de valor econômico.

A taxa de câmbio, um dos fatores que determinou a “Doença Holandesa”, pode ser entendida através da definição proposta por Bresser-Pereira (2008), que alega o desequilíbrio entre duas taxas de câmbio essenciais para uma nação, uma responsável pelo equilíbrio da conta corrente do país e outra taxa responsável pelo equilíbrio industrial. Para Bresser, quando a divergência entre essas 2 taxas ocorre existe o início da “Doença Holandesa” (MODESTI, 2018).

A doença Holandesa apesar de ser nomeada na década de 60 e 70 apresenta muita similaridade com eventos históricos. Relaciona-se com esse conceito o aumento de fluxo para a Espanha no século XVI, a descoberta de ouro na Austrália no século XIX e principalmente podemos ver uma grande dependência das nações em relação a produto de origem natural sem valores agregados no século XXI (destaca-se os minérios citados no item anterior onde nota-se o PCI negativo, acarretando uma economia menos complexa).

3.3. Complexidade Econômica e Commodities

A conceito de complexidade econômica alinha-se ao processo de exploração e exportação de commodities ao processo da cadeia produtiva. Destaca-se, incluindo dados de PCI de alguns produtos naturais citados, que a exploração de bens naturais não tende obrigatoriamente a queda do ECI.

Segundos relatórios do Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Humano (IEDI) relata-se que a exploração do petróleo refinado apresenta alto nível de complexidade econômica. Ressalta-se que no caso de algumas commodities e a sua capacidade de transformação e desenvolvimento de produtos com maiores valores

agregados e conseqüentemente maiores níveis de PCI, pode demonstrar que a exploração da commodities pode se alinhar ao crescimento econômico e a uma maior complexidade.

Nessa situação, e como base de análise de estudo, destaca-se o Brasil e a sua variação de complexidade econômica. O Brasil nos anos de 1970, 1980 e 1990 progrediam no sentido de elevar a sua complexidade econômica. No período, destacava-se o poder de competição das indústrias nacionais e o seu domínio no mercado doméstico, totalmente oposto do que ocorre atualmente ao cenário nacional, o que facilmente, através do conceito de Doença Holandesa, explicaria o cenário de crise vivenciado em meados de 2016.

O método de análise do conceito anterior e a variação brasileira no conceito de complexidade econômica, passa primeiramente, pela análise da cesta de produtos exportados e produzidos, e nessa situação destacam-se as seguintes variações entre os anos de 1996 e 2016: Maquinaria apresentou uma variação negativa de 7% em relação a sua participação na pauta exportadora, Alimentos também apresentou uma variação negativa de 6%. Em contrapartida (e demonstrando o conceito da doença holandesa baseada na cesta de produtos exportados da nação) notou-se um aumento dos seguintes campos na pauta exportadora: Mineração, 7%. Destaca-se também que no ano de 2016 o Ferro e a Soja, juntos, representaram aproximadamente 18% das exportações nacionais (MODESTI, 2018).

4. Método

Este trabalho utilizou variáveis macroeconômicas de 69 países, selecionados devido a disponibilidade de dados e com dados referentes a consumo de eletricidade, complexidade econômica, IDH e força de trabalho. Os dados dos parâmetros foram obtidos para o período de 2010 a 2016.

Os países selecionados apresentam características de todos os continentes, descrições podem ser encontradas no Apêndice A. Ressalta-se que de toda a amostragem, 40,6% (28 países) pertencem ao continente Europeu, 29,0% (20 países) pertencem ao continente Asiático, 10,1% (7 países) ao continente Africano, 10,1% (7 países) à América do Norte, 7,2% (5 países) à América do Sul e 2,9% (2 países) pertencem à Oceania.

As variáveis analisadas podem ser observadas na Tabela 2 abaixo, nota-se que para o respectivo trabalho utilizou-se a variável produção de energias renováveis como variável dependente e as outras como variáveis independentes.

Tabela 3-Variáveis utilizadas na pesquisa

Variável	Descrição/Fonte
Economic Complex Index	Índice que mensura o nível de complexidade dos países, baseando-se na cesta de produtos produzidos por eles. (ATLAS, 2019)
IDH	"Índice de Desenvolvimento Humano", quantificar os países baseando-se no "desenvolvimento humano". Classificando-os como desenvolvidos, subdesenvolvidos e em desenvolvimento. (BANCO MUNDIAL, 2019)
Consumo Eletricidade	Variável para quantificar o consumo da eletricidade de uma nação, baseando-se no consumo de energias renováveis. Consumo mensurado para manufaturas e população em geral. (EIA, 2019)
Força de Trabalho	Variável para quantificar o número de pessoas com capacidade para participar do processo de divisão social do trabalho. Sinônimo de população ativa. (BANCO MUNDIAL, 2019)
Produção Energias Renováveis	Variável que quantifica a produção de energias renováveis de uma nação. Variável composta pela produção de hidreletricidade, eólica, solar e maremotriz

Fonte: Elaborado pelo autor

Após coletadas, as variáveis foram analisadas a partir de uma matriz de correlação e regressão linear. Com o intuito de buscar estimativas que mensurem a influência da

complexidade sobre a produção de energia, este estudo propõe um modelo econométrico que analise esta relação. Para isso, procedeu-se com funções Cobb-Douglas adaptadas para o problema de pesquisa (Expressão 1).

$$\begin{aligned} \log y_{it}^{\text{produção de energia}} &= \beta_0 + \beta_1 \log ICE + \beta_2 \log IDH + \beta_3 \log \text{ConsumoEnergia} \\ &+ \beta_4 \log \text{ForçaTrabalho} + \varepsilon \quad (1) \end{aligned}$$

Em que: $\log y_{it}^{\text{produção de energia}}$ é a soma da geração de energia eólica, maremotriz, solar e hidroeletricidade; β_0 é o intercepto; $\beta_1 \log ICE$ é o logaritmo do índice de complexidade econômica, $\beta_2 \log IDH$ é o logaritmo do índice de desenvolvimento humano, utilizado como proxy do capital humano e bem-estar nos países analisados, $\beta_3 \log \text{ConsumoEnergia}$ é o logaritmo do consumo energético em cada país analisado e, $\beta_4 \log \text{ForçaTrabalho}$ é a força de trabalho nos países analisados.

Propõe-se a utilização de uma regressão log-log, pois é possível interpretar os parâmetros como elasticidades. Optou-se pela análise de regressão linear múltipla, pois esta técnica é mais receptiva à análise *ceteris paribus*. Isto permite controlar explicitamente outros fatores que, de maneira, simultânea afetam a variável dependente (GREENE, 2011).

A inferência estatística do modelo econométrico ocorrerá, pelo Teste t que avaliará a significância de um único parâmetro, partindo da hipótese de nulidade em relação à uma hipótese alternativa. A H_0 defenderá que o parâmetro analisado é igual a zero e a H_a indica que o parâmetro é diferente de zero (GREENE, 2011).

O teste de restrições lineares múltiplas, isto é, o teste F, verifica a significância do modelo de regressão linear. Parte-se de uma hipótese nula que afirma que nenhuma das variáveis explicativas tem efeito sobre a variável dependente (GREENE, 2011).

Nos dados do painel, a mesma unidade transversal é monitorada ao longo do tempo e possui uma dimensão espacial e uma temporal (Greene, 2011). A análise do painel pode ser realizada através de dois modelos básicos: Modelos de Efeitos Fixos e Aleatórios. O modelo de efeito fixo remove características invariantes no tempo das variáveis explicativas para que o efeito líquido possa ser analisado, enquanto o modelo

de efeitos aleatórios possui as mesmas premissas do modelo de efeitos fixos, ou seja, a interceptação varia de um indivíduo para outro, mas não horas extras, e os parâmetros de resposta são constantes para todos os indivíduos e por todos os períodos de tempo (Greene, 2011).

Desta forma, utilizou-se a seguinte estratégia para mensurar o modelo econométrico. Primeiramente, os dados foram estimados por meio do método Ordinary Least Square (OLS). Entretanto, como os dados são analisados em painel, utilizando uma análise de painel balanceado, o teste de Hausman foi usado para verificar se nossa amostra deve ser tratada como Efeitos Fixos (FE) ou Modelo de Efeitos Aleatórios (RE) (Hausman 1978). No modelo de efeitos fixos, o estimador de mínimos quadrados ordinários (OLS) será um estimador consistente e eficiente do modelo, chamado de variável dummy de mínimos quadrados (LSDV) (Holland e Xavier 2005). Cada Estado da amostra possui características próprias que podem ou não influenciar as variáveis explicativas. Assim, supõe-se que algumas informações possam fornecer viés ou prejudicar a explicabilidade das variáveis (Greene 2011). Por outro lado, o modelo RE pressupõe que não há correlação entre os efeitos individuais e as outras variáveis aleatórias. Sua estimativa é realizada utilizando os Mínimos Quadrados Generalizados (GLS) (Holland e Xavier 2005).

Outro problema com modelos econométricos é a multicolinearidade. Esse problema é definido como a presença de um alto grau de correlação entre as variáveis independentes (Freund et al., 2006). Para verificar a presença de multicolinearidade, foi calculado o teste VIF (Variance Inflation Factors), que deve apresentar valor inferior a 10, a fim de indicar que o modelo está livre da multicolinearidade.

De acordo com as premissas dos modelos econométricos, o termo de erro (ϵ_{it}) deve ter uma variação igual a σ^2 e os termos erráticos não devem ser correlacionados entre si. A violação dessas hipóteses torna o estimador inconsistente, gerando autocorrelação e heterocedasticidade (Greene 2011). Assim, este trabalho utilizou técnicas econométricas para corrigir esses problemas nos dados do painel. Por fim, o modelo escolhido foi o *Feasible Generalized Least Square* (FGLS) para corrigir a heterocedasticidade (Greene 2011). Foi utilizado o software estatístico Stata versão 12.0 para a resolução dos modelos.

5. Resultados e Discussão

O método Feasible Generalized Least Square (FGLS) permitiu mensurar o efeito das variáveis independentes sobre a variável dependente, de tal modo que o modelo FGLS corrige os efeitos de auto-correlação e heterocedasticidade dos parâmetros utilizados. O modelo foi estatisticamente significado em 1% e não foi observada multicolinearidade, pois o teste de Variância do fator de Inflação (VIF) apresentou valor de 8,62.

O resultado do modelo adotado pode ser encontrado na Tabela 3:

Tabela 4: Estimativas Econométricas para a geração de energias renováveis

VARIABLES	(1) OLS	(2) FE	(3) RE	(4) FGLS
Complexidade Econômica	0.0884 (0.139)	0.0122* (0.297)	-0.260 (0.289)	0.0565*** (0.138)
IDH	-0.755 (0.471)	3.308 (2.420)	6.412*** (1.890)	4.159*** (0.883)
Consumo Eletricidade	0.991*** (0.0301)	1.420*** (0.266)	0.851*** (0.239)	0.264** (0.110)
Força de Trabalho	-0.963*** (0.274)	2.323*** (0.672)	0.727** (0.283)	0.816*** (0.120)
Constant	-0.360 (0.260)	-43.99*** (9.686)	-18.30*** (4.687)	-15.33*** (2.115)
Observations	480	480	480	480
Number of cod	69	69	69	69
VIF	8,62			
Company FE		YES	NO	
Year FE		YES	NO	YES
Country FE				YES

Standard errors in parentheses

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Fonte: Elaborado pelo autor

O modelo mensurou o efeito da complexidade econômica, do IDH, do consumo de eletricidade e da força de trabalho em relação a produção de energias renováveis. As variáveis apresentaram impacto positivo na produção de eletricidade advinda de fontes renováveis.

De acordo com as estimativas econométricas, nota-se que a complexidade econômica apresenta impacto de 0,0565% sobre a produção de energias renováveis. Em outros termos o aumento de 1% na complexidade econômica acarreta um aumento de 0,0565% na produção de energias renováveis.

Os dados corroboram com as proposições de Hausmann (2011), alinhando-se aos conceitos de integração entre diversas áreas e o desenvolvimento tecnológico gerado pela mesma. O impacto positivo possui relação com a tese defendida por Hausmann (2014), cujo conceito de diversificação de produtos e também à ubiquidade de produtos implica um aumento na complexidade econômica, alinhando-se ao desenvolvimento de novas tecnologias para a diversificação da matriz, como também o desenvolvimento de produtos diferentes das outras nações.

O modelo adotado apresentou grande importância do IDH na geração de energias renováveis, possuindo impacto positivo de 4,159%, representando a variável com maior impacto na análise realizada. O alto impacto positivo atrela-se a tese apresentada em Mentone (2015), cuja relação entre o acesso a eletricidade e as possibilidades de incremento na qualidade de vida que o fato promove.

O IDH, da forma definida pelo PNDU, corrobora de forma a geração de empregos técnicos gerados pela necessidade da área Llera Sastresa et al. (2010) e o aumento da necessidade de educação e a melhora na qualidade de vida acarreta por menores impactos ambientais (PINTO JUNIOR et al., 2007).

O consumo de eletricidade e Força de trabalho, ambos com impactos positivos, 0,264% e 0,816%, respectivamente. Os dados obtidos pela estimativa econométrica alinham-se aos dados divulgados pela IRENA (2019), demonstrando um aumento significativo na geração de empregos referente a utilização de energias renováveis, aumento de 44,81%. De modo análogo, Simas e Moana (2013) apresentam o grande potencial de empregos gerados pela utilização de energia eólica no nordeste brasileiro.

A tese defendida por Mentone (2015) corrobora com a necessidade da utilização de diversas matrizes energéticas, como o lado econômico e a ampliação do consumo de eletricidade e a força de trabalho decorrente da diversificação, amplificando os ganhos econômicos de uma nação.

Os dados apresentados mostram correlação positiva com a geração de energia renováveis. Demonstrou-se que a ampliação de diretrizes voltadas ao incremento da complexidade econômica, aumento do IDH, força de trabalho e do consumo de eletricidade, acarretam incremento da geração de energias renováveis. De tal modo que,

a diversidade da mesma faz-se necessária. Sendo correlacionadas por nível de importância em: IDH, Força de trabalho, consumo eletricidade e complexidade econômica.

6. Conclusão

O presente trabalho buscou avaliar a relação entre a complexidade econômica, IDH, consumo de eletricidade e força de trabalho e a produção de energias renováveis. Avaliando a sua dependência, os contextos inseridos nas nações para o período de 2010 a 2016.

De acordo com os dados de produção de energias renováveis publicados pela EIA, alinhados aos dados do Banco Mundial (2019) e o Atlas da Complexidade Econômica (2019), nota-se uma relação positiva entre as variáveis. Compreende-se a partir dos dados que o desenvolvimento de energias renováveis apresenta grande valor para as nações.

Os resultados implicam que as diretrizes dos planos energéticos das nações possuem um caráter social mais forte do que apenas o simples fornecimento de energia. Efeitos econômicos como: diversificação das matrizes, e o efeito determinante da complexidade econômica na geração de fontes alternativas de energia. Estrutura-se a partir desse ponto a importância de diretrizes para diversificação de políticas públicas.

Dados apresentados neste trabalho reforçam também o papel determinante do IDH apresentado no desenvolvimento de novas tecnologias focalizadas na produção energética, como: avanço educacional decorrente da necessidade de mão de obra especializada, melhora na qualidade de vida (expectativa de vida) devido a problemas ambientais, ampliação do consumo de eletricidade (quebra de barreiras estruturais de algumas regiões) e principalmente possibilitam acesso a instrumentos dependentes da energia em comunidades antes não abastecidas (incluindo necessidades médicas possibilitadas por esse avanço).

7 Referências Bibliográficas

CONFERENCIA DO CLIMA TERMINA COM 'ACORDO HISTÓRICO' CONTRA AQUECIMENTO GLOBAL. Brasil, 12 dez. 2015. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/noticias/2015/12/151212_acordo_paris_tg_rb>. Acesso em: 01 nov. 2018.

CONTI, John. **International Energy Outlook 2016**. Washington Dc: Office Of Communications, 2016. Disponível em: <[https://www.eia.gov/outlooks/ieo/pdf/0484\(2016\).pdf](https://www.eia.gov/outlooks/ieo/pdf/0484(2016).pdf)>. Acesso em: 1 maio 2018.

COSTA, Ricardo Cunha da. **O PAPEL DAS FONTES RENOVÁVEIS DE ENERGIA NO DESENVOLVIMENTO DO SETOR ENERGÉTICO E BARREIRAS À SUA PENETRAÇÃO NO MERCADO**. Brasília: Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comercio Exterior, 2005. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/2436/2/BS%2021%20O%20papel%20das%20fontes%20renov%C3%A1veis_P.pdf>. Acesso em: 1 nov. 2018.

FERRAZ, Diogo et al. **Economic complexity and human development: DEA performance measurement in Asia and Latin America**. *Gestão & Produção*, v. 25, n. 4, p. 839-853, 2018a.

FERRAZ, Diogo et al. **Analysis of absorptive capacity and foreign direct investment in the productivity of Brazilian municipalities**. *Production*, v. 28, 2018b.

LOUREIRO, Caroline Vitor et al. **ANÁLISE COMPARATIVA DE POLÍTICAS DE IMPLANTAÇÃO E RESULTADOS SOCIAIS DA ENERGIA EÓLICA NO BRASIL E NOS ESTADOS UNIDOS**. Curitiba: Ufpr, 2017. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/raega/article/view/45344/33123>>. Acesso em: 15 out. 2019.

MEADOWS, Donella H et al. **The Limits to Growth**. New York: Universe Books, 1972.

MENTONE, Fernando Augusto. **Energia renovável e desenvolvimento: uma abordagem econômica e social**. São Paulo: Puc-sp, 2015.

MODESTI, Isabela Cristina de. **DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO SOB A ÓTICA DA TEORIA DA COMPLEXIDADE ECONÔMICA: UM ESTUDO SOBRE O BRASIL E A CHINA**. 2018. 56 f. Monografia (Especialização) - Curso de Relações Internacionais, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/188603/Monografia%20Isabella%20de%20Modesti.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 30 set. 2018.

MOSELE, B. **Why support renewables?** EPRG spring research seminar. University of Cambridge. Cambridge, 2011.

EPE. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2020**. Empresa de Pesquisa Energética, 2011. Disponível em: <<http://epe.gov.br/PDEE/Forms/EPEEstudo.aspx>>. Acesso em: 10 set. 2018

ERNST & YOUNG (Org.). **Renewable Energy Country attractiveness Indices**. Londres: Ernst & Young, 2011. Disponível em: <https://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/Renewable_energy_country_attractiveness_indices_-_Issue_31/%24FILE/EY_RECAI_issue_31.pdf>. Acesso em: 06 nov. 2018.

IRENA. **Renewable Energy and Jobs: Annual Review 2019**. Abu Dhabi: Irena, 2019. Disponível em: <<https://www.irena.org/publications>>. Acesso em: 14 out. 2019.

LLERA SASTRESA, E. et al. **Local impact of renewables on employment: Assessment methodology and case study**. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v.14, n.2, p.679-90, fev. 2010.

PINTO JUNIOR, H. Q.; ALMEIDA, E. F.; BOMTEMPO, J. V.; IOOTY, M.; BICALHO, R. G. **Economia da Energia: fundamentos econômicos, evolução histórica e organização industrial**. Ed. Elseiver. Rio de Janeiro, 2007.

SILVA, Carlos Henrique Rubens Tomé. **Estocolmo'72, Rio de Janeiro'92 e Joanesburgo'02: as três grandes conferências ambientais internacionais**. Brasília: Senado Federal, Consultoria Legislativa, 2011. Disponível em: <<http://www2.senado.leg.br/bdsf/handle/id/242512>>. Acesso em: 10 nov. 2018.

R Hausmann, CA Hidalgo, S Bustos, M Coscia, S Chung, J Jimenez, A Simoes, M Yildirim. **The Atlas of Economic Complexity**. Puritan Press. Cambridge MA. (2014)

SIMAS, Moana; PACCA, Sergio. Energia eólica, geração de empregos e desenvolvimento sustentável. *Estud. Av*, São Paulo, v. 27, n. 77, p. 99-116, 2013. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142013000100008&lng=en&nrm=iso>. acesso em 11 Nov. 2018.

Tolmasquim, Mauricio Tiomno. **Perspectivas e planejamento do setor energético no Brasil**. *Estud. av.*, 2012, vol.26, no.74, p.247-260. ISSN 0103-4014

Apêndice A

Alemanha	Egito	Israel	República Tcheca
Algéria	Emirados A. U.	Itália	Romênia
Arábia Saudita	Eslováquia	Jamaica	Rússia
Argentina	Eslovênia	Japão	Singapura
Áustria	Espanha	Jordânia	Suécia
Austrália	Estados Unidos	Letônia	Suíça
Azerbaijão	Estônia	Lituânia	Tailândia
Brasil	Filipinas	Marrocos	Tunísia
Bulgária	Finlândia	México	Turquia
Camarões	França	Moldávia	Ucrânia
Camboja	Gana	Nigéria	Uruguai
Canadá	Grécia	Noruega	Vietnã
Chile	Guatemala	Nova Zelândia	
China	Honduras	Países baixos	
Colômbia	Hong Kong	Paquistão	
Coréia do Norte	Hungria	Polônia	
Costa Rica	Índia	Portugal	
Croácia	Indonésia	Qatar	
Dinamarca	Irlanda	Reino Unido	