



**Universidade Federal Fluminense - UFF**  
**Instituto de Estudos Estratégicos – INEST**  
**Curso de Pós-graduação em Relações internacionais**



**A SEGURANÇA ENERGÉTICA NO BRASIL DO SÉCULO XXI: O PAPEL DA  
ENERGIA EÓLICA NA TRANSIÇÃO ENERGÉTICA**

**FELLIPE LAERTE MOTA CABRAL**

Niterói  
Outubro de 2020



**Universidade Federal Fluminense - UFF**  
**Instituto de Estudos Estratégicos – INEST**  
**Curso de Pós-graduação em Relações internacionais**



**A SEGURANÇA ENERGÉTICA NO BRASIL DO SÉCULO XXI: O PAPEL DA  
ENERGIA EÓLICA NA TRANSIÇÃO ENERGÉTICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao  
Curso de Relações Internacionais da Universidade  
Federal Fluminense – UFF, como parte dos  
requisitos necessários à obtenção do título de  
especialista em Relações Internacionais.

Orientador: Prof. Dr. Bruno Pessoa Villela

Niterói

Outubro de 2020

# **A SEGURANÇA ENERGÉTICA NO BRASIL DO SÉCULO XXI: O PAPEL DA ENERGIA EÓLICA NA TRANSIÇÃO ENERGÉTICA**

Nome do Autor: Fellipe Laerte Mota Cabral

Orientador: Prof. Dr. Bruno Pessoa Villela

Monografia apresentada ao Instituto de Estudos Estratégicos da Universidade Federal Fluminense (INEST/UFF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Especialista em Estudos Estratégicos e Relações Internacionais.

## **Avaliadores:**

---

Prof. Dr. Bruno Pessoa Villela – Orientador (Avaliador 01)  
Departamento de Estudos Estratégicos  
e Relações Internacionais

---

Leitor (Avaliador 02)

| <b>Notas dos Avaliadores</b> |  |
|------------------------------|--|
| Avaliador 1                  |  |
| Avaliador 2                  |  |
| <b>Nota Final</b>            |  |

## **AGRADECIMENTOS**

A meus pais, sempre presentes em minha vida, me encorajando nas dificuldades e fazendo com que eu mantivesse os pés no chão durante toda a caminhada, seguindo sempre com humildade.

## **DEDICATÓRIA**

À minha mãe, pela sua vontade de viver.

A diferença entre passado, presente e futuro é  
somente uma persistente ilusão. (Albert  
Einstein)

## **RESUMO**

### **A SEGURANÇA ENERGÉTICA NO BRASIL DO SÉCULO XXI: O PAPEL DA ENERGIA EÓLICA NA TRANSIÇÃO ENERGÉTICA**

O presente trabalho busca mostrar a relevância das energias renováveis na diversificação da matriz energética brasileira no século XXI, bem como a importância dessa diversificação para a sua segurança energética. Sendo assim, para fundamentar este trabalho, serão abordados temas introdutórios referentes as energias renováveis, em especial a eólica, mostrando como as fontes limpas de energia ganham cada vez mais espaço em território brasileiro e como a fonte eólica tende a se sobressair sobre as demais devido as características de nosso território. Em seguida, será mostrado como vem ocorrendo a atual transição energética global e quais as perspectivas e estratégias adotadas pelo Brasil para se adaptar a essas mudanças.

**Palavras-chave:** Segurança Energética, Energias Renováveis, Energia Eólica.

## **ABSTRACT**

### **ENERGY SECURITY IN 21ST CENTURY BRAZIL: THE ROLE OF WIND ENERGY IN THE ENERGY TRANSITION**

The present work seeks to show the relevance of renewable energies in the diversification of the Brazilian energy matrix in the 21st century, as well as the importance of this diversification for your energy security. Therefore, to support this work, introductory themes related to renewable energies, especially wind, will be addressed, showing how clean energy sources are gaining more and more space in Brazilian territory and how the wind source tends to stand out above the others due to the characteristics of our territory. Then, it will be shown how the current global energy transition has been occurring and what are the perspectives and strategies adopted by Brazil to adapt to these changes.

**Keywords:** Energy Security, Renewable Energies, Wind Energy.



## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                         |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| FIGURA 1 – Matriz Elétrica Brasileira - 2019 .....                                      | 14 |
| FIGURA 2 – Mapa do potencial eólico brasileiro - 2001.....                              | 20 |
| FIGURA 3 – Mapa do potencial eólico brasileiro por regiões - 2001 .....                 | 21 |
| FIGURA 4 – Custo médio em equipamentos – Usinas Eólicas.....                            | 26 |
| FIGURA 5 – Capacidade adicionada de energias renováveis e não renováveis no mundo ..... | 27 |
| FIGURA 6 – Taxa de crescimento de energias renováveis no mundo .....                    | 28 |
| FIGURA 7 – Oferta interna de energia no Brasil e no Mundo .....                         | 31 |
| FIGURA 8 – Oferta interna de energia elétrica no Brasil e no Mundo.....                 | 32 |

## SUMÁRIO

|                                                |    |
|------------------------------------------------|----|
| INTRODUÇÃO.....                                | 12 |
| CAPÍTULO 1.....                                | 13 |
| ENERGIAS RENOVÁVEIS.....                       | 13 |
| 1.1 BIOMASSA.....                              | 14 |
| 1.2 ENERGIA SOLAR.....                         | 15 |
| 1.3 ENERGIA EÓLICA .....                       | 16 |
| 1.4 HIDRELÉTRICA .....                         | 16 |
| 1.5 ENERGIA GEOTÉRMICA.....                    | 17 |
| CAPÍTULO 2.....                                | 19 |
| ENERGIA EÓLICA .....                           | 19 |
| 2.1 POTENCIAL EÓLICO BRASILEIRO .....          | 19 |
| 2.2 A GEOGRAFIA DO TERRITÓRIO BRASILEIRO ..... | 21 |
| 2.3 POPULAÇÃO .....                            | 22 |
| 2.4 POLÍTICAS PÚBLICAS.....                    | 22 |
| 2.5 IMPACTOS AMBIENTAIS.....                   | 23 |
| 2.5.1 Impacto visual .....                     | 24 |
| 2.5.2 Ruído acústico.....                      | 24 |
| 2.5.3 Impacto sobre a fauna .....              | 25 |
| 2.6 CUSTOS DE INVESTIMENTO .....               | 25 |
| 2.7 CENÁRIO MUNDIAL.....                       | 26 |
| 2.7.1 Capacidade instalada .....               | 26 |
| 2.7.2 Mercado.....                             | 28 |
| CAPITULO 3.....                                | 30 |
| SEGURANÇA ENERGÉTICA.....                      | 30 |
| 3.1 MATRIZ ENERGÉTICA MUNDIAL.....             | 31 |

|                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------|----|
| 3.2 MATRIZ ELÉTRICA MUNDIAL .....                         | 32 |
| 3.3 PERSPECTIVAS DO SETOR ENERGÉTICO NO BRASIL .....      | 32 |
| 3.4 TRANSIÇÃO ENERGÉTICA GLOBAL .....                     | 33 |
| 3.5 A ESTRATÉGIA DE SEGURANÇA ENERGÉTICA BRASILEIRA ..... | 35 |
| CONCLUSÃO.....                                            | 37 |
| REFERÊNCIAS .....                                         | 39 |

## INTRODUÇÃO

O Brasil é um país de características marcantes. Gigante territorialmente, com uma das maiores populações do Mundo e com uma imensa diversidade de recursos naturais com a possibilidade de serem explorados, se destaca no cenário mundial. A cada ano que passa, e com a evolução tecnológica, que cresce de forma exponencial, o país consegue extrair do próprio território, com mais eficiência, recursos essenciais que serão utilizadas para o seu abastecimento e desenvolvimento. Esse aproveitamento dos recursos naturais oriundos do seu território têm se mostrado de extrema importância para a projeção e segurança do país.

Visando demonstrar a relevância do tema nos dias atuais, este trabalho busca abordar como as fontes de energias renováveis, em especial a eólica, possuem um papel importante no planejamento da segurança energética no Brasil. Veremos como o Brasil se mostra como um cenário ideal para o desenvolvimento desse campo e como ainda há muito trabalho a ser feito para que a exploração seja feita com o máximo aproveitamento.

Em seguida veremos um panorama mundial do setor energético, trazendo a evolução de suas matrizes, a evolução e o surgimento de novas tecnologias, e como a atual mudança no setor deve influenciar as Nações, inclusive o Brasil.

Por fim, na conclusão, veremos como o Brasil deve se portar frente as mudanças que ora ocorrem no setor energético, de forma que consiga acompanhar os países de primeiro mundo na exploração de seus recursos naturais, e ao mesmo tempo não abrindo mão da segurança energética.

## **CAPÍTULO 1**

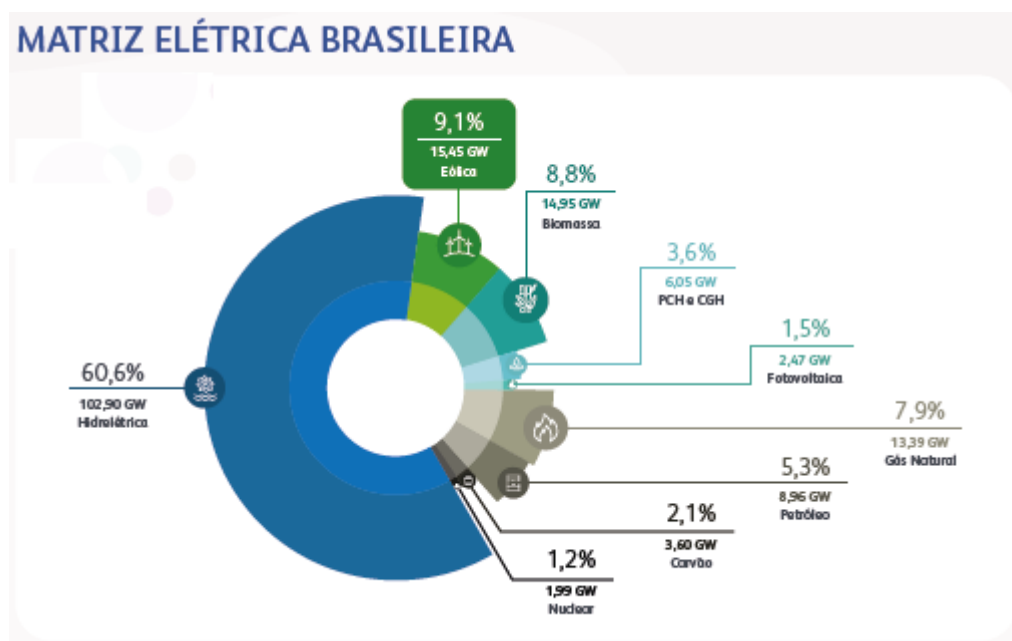
### **ENERGIAS RENOVÁVEIS**

Energias renováveis são aquelas provenientes de recursos naturais, como os raios solares, os ventos, as marés e as chuvas, e que por si só tem a capacidade de se reabastecer. Existem também os recursos naturais não renováveis, como o carvão, o petróleo e o urânio, que mesmo abundantes na natureza, se apresentam em quantidade limitada.

Diante do conhecimento adquirido pela humanidade, e com o passar dos anos, tem surgido cada vez mais discussões no que diz respeito a substituição dos combustíveis fósseis na produção de energia, seja por questões ambientais ou por ser um recurso finito. Essas discussões contribuem para a evolução na exploração e produção energética, tendo em vista que diversas alternativas aos combustíveis fósseis surgem, como por exemplo: a biomassa, que se utiliza da matéria orgânica animal e vegetal; a energia solar, captando a luz do sol; a energia eólica, que se aproveita da força dos ventos (PACHECO, 2006); e a energia geotérmica, originada do calor emanado pelo interior da Terra.

O Brasil, geograficamente falando, se mostra um país com condições ideais para a exploração energética através de fontes renováveis. Clima, relevo e hidrografia são apenas algumas das características que saltam aos olhos. Apesar disso, a dependência das usinas hidrelétricas para a produção de energia ainda é grande. Uma porcentagem significativa da matriz elétrica brasileira ainda vem da contribuição das hidrelétricas (PINTO et al, 2017).

A Figura 1 mostra uma representação gráfica da Matriz Elétrica Brasileira do ano de 2019.

**Figura 1 – Matriz Elétrica Brasileira – 2019.**

Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA (2019)

Como podemos ver na imagem exposta acima, cerca de 60,6% da matriz elétrica brasileira é proveniente de fonte hidrelétrica.

Apesar dos números atuais mostrarem uma grande dependência das hidrelétricas, eles podem nos enganar, principalmente se vistos de forma isolada, não mostrando o quanto essa dependência tem diminuído ao longo do tempo.

### 1.1 BIOMASSA

A biomassa é toda matéria orgânica, de origem animal ou vegetal, que pode ser aproveitada para a produção de energia. Ela é responsável por quase 9% da matriz elétrica brasileira. Com capacidade instalada aproximada de 14,95GW. A produção de energia através da biomassa, a bioenergia, faz com que a demanda por energia oriunda da agricultura aumente, consequentemente tendendo a mudar a estrutura agrícola do Brasil. Segundo Pacheco (2006, p. 9):

O Brasil, como país abundante em biomassa, vai se beneficiar com essas mudanças. O ganho será tanto como produtor de bioenergia e como produtor de grãos, uma vez que essa situação levará a um impulso na produção de cana-de-açúcar, soja e milho.

A cana-de-açúcar, através da biomassa, é uma das principais fontes energéticas do país. Além disso, com a popularização dos carros biocombustíveis, e consequentemente a utilização do álcool como combustível, o cultivo da cana cresceu ainda mais do que diversas outras culturas tradicionais, como a laranja e o café.

A biomassa tem ainda como produto o biodiesel, um combustível ambientalmente correto, obtido através da reação de óleos vegetais com outras substâncias ativas. Cerca de 90% do biodiesel que o Brasil produz utiliza como matéria-prima a soja e a mamona (PACHECO, 2006).

## 1.2 ENERGIA SOLAR

Obtida através da conversão da radiação emitida pelo sol em eletricidade por meio de materiais semicondutores, a energia solar fotovoltaica é responsável por aproximadamente 1,5% de nossa matriz elétrica. Uma capacidade instalada aproximada de 2,47GW. O Brasil, devido as características do seu território, possui um índice de radiação solar adequado para a exploração dessa fonte energética.

De acordo com Braga (2008), o Brasil é o país da América do Sul com o maior nível de avanço no que diz respeito as energias renováveis, mais especificamente a energia solar, e o primeiro país do Terceiro Mundo a comercializar a célula fotovoltaica, enquanto outros países se limitavam apenas a montagem dos painéis solares.

Ainda segundo Braga (2008, p. 9):

A energia solar é a solução ideal para áreas afastadas e ainda não eletrificadas, especialmente num país como o Brasil onde se encontram bons índices de insolação em quaisquer partes do território. Soma características vantajosamente positivas para nosso sistema ambiental, pois o Sol, trabalhando como um imenso reator à fusão, irradia na Terra todos os dias um potencial energético extremamente elevado e incomparável a qualquer outro sistema de energia, sendo a fonte básica e indispensável para praticamente todas as fontes energéticas utilizadas pelo homem.

A região Nordeste possui os melhores índices de radiação solar do país. Colocando-a em posição de destaque até frente as demais regiões do mundo.

É um mercado que, juntamente com outras fontes renováveis de energia, vem crescendo a passos largos, e a expectativa é de que continue em um ritmo forte de expansão. As empresas da área apostam nisso, principalmente as fabricantes de painéis solares, que

veem um mercado muito grande a ser explorado. Muitas famílias brasileiras, em diversas regiões, sequer tem um abastecimento adequado de energia elétrica. Esse número é próximo de 10 milhões de famílias, de acordo com Pacheco (2006).

### 1.3 ENERGIA EÓLICA

Energia obtida através da incidência dos ventos, a energia eólica é mais uma fonte de energia renovável que pode ser aproveitada em abundância em nosso território. Ocupando cerca de 9,1% da matriz elétrica brasileira, estando na segunda posição, e com uma capacidade instalada aproximada de 15,45GW, a energia eólica é uma das principais fontes energéticas e talvez a que possua os melhores horizontes no quesito crescimento e exploração.

O processo de transformação da energia eólica em energia elétrica é feito através da conversão da energia cinética de translação em energia cinética de rotação, aplicado por meio de turbinas eólicas, conhecidos também por aerogeradores (RIBEIRO, 2017).

No Brasil o número de parques eólicos, sejam eles onshore (instalados em terra) ou offshore (instalados no mar), vem crescendo cada vez mais desde o início do século. E o espaço para um crescimento ainda maior existe, dadas as características territoriais e os incentivos de políticas públicas. Para se ter uma ideia, o Brasil saiu de uma capacidade instalada de 235,4MW em 2006, para 15,45GW em 2019. Um crescimento de mais de 60 vezes em um curto espaço de tempo, apenas 13 anos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA, 2019).

### 1.4 HIDRELÉTRICA

As hidrelétricas são as principais responsáveis pelo abastecimento elétrico nacional. Quase dois terços, mais de 100GW, de nossa matriz elétrica é de origem hidrelétrica. Elas são fontes de baixo custo e que pouco poluem o meio ambiente, se comparadas a outras fontes não renováveis. Porém, sua exploração se dá através do represamento das águas de rios, e com isso ela torna-se limitada. Grande parte do potencial hidrelétrico nacional já foi explorado e outra grande parte encontra-se em locais protegidos, em áreas de preservação. Segundo Silva (2014, p. 38):

Os entraves para a ampliação da hidreletricidade estão promovendo mudanças no setor energético brasileiro, a fim de que haja maior equilíbrio



no desenvolvimento das fontes de energia, expansão do sistema e, consequentemente, diversificação da matriz com maior segurança. Encontrar o melhor caminho para o desenvolvimento sustentável do setor energético nacional requer novas escolhas, dentre elas está a necessidade de conciliação dos interesses dos diversos atores da cadeia de valor e a construção de uma visão ampla e de longo prazo na seleção dos projetos, que contemple fatores como: a poluição global, a vida útil do empreendimento e os impactos sociais.

Um outro fator que faz com que a diversificação da matriz elétrica seja pensada é a queda dos níveis dos reservatórios das hidrelétricas em várias regiões do Brasil. A grande dependência das chuvas é um ponto fraco dessa fonte energética. Recorrentemente, o Brasil sofre com longos períodos de estiagem, principalmente na região Nordeste. Uma matriz muito concentrada em apenas uma fonte acaba trazendo riscos para a segurança energética do país inteiro.

## 1.5 ENERGIA GEOTÉRMICA

Oriunda do calor emanado pelo interior da Terra, a energia geotérmica se apresenta como uma das principais fontes energéticas renováveis da atualidade. Durante o seu processo de arrefecimento, o calor pode ser dissipado em qualquer parte da superfície. Segundo Arboit (et al, 2013), existem locais da superfície terrestre onde a concentração e a liberação desse calor são mais intensas, geralmente na zona de encontro entre placas tectônicas. Muitos países tem intensificado estudos referentes ao potencial de aproveitamento dessa fonte energética.

O Brasil ainda pesquisa pouco sobre o assunto. Um dos motivos é de não estarmos próximos da zona de encontro entre placas tectônicas. Porém, estudos a nível mundial já demonstraram que o potencial geotérmico pode ser explorado em praticamente qualquer local do planeta, pois mesmo não possuindo condições ideais para a exploração, os recursos geotérmicos de temperatura mais baixa podem ser executados através do uso direto. E é exatamente esse tipo que é aproveitado em território brasileiro.

Os sistemas geotermiais são classificados em três grupos:

(i) Baixa entalpia ou sistemas por domínio de água quente – com temperaturas que variam de 50 a 150°C, em que a água subterrânea, quente, é utilizada como fonte de calor; (ii) Alta entalpia ou sistema por domínio de vapor – com temperaturas na faixa de 150 a 300°C, em que o vapor é extraído do líquido, que é utilizado para mover turbinas de geração de eletricidade; (iii) Sistemas de rochas secas e quentes (*hot dry rock* - HDR) - com temperaturas entre 50 e 300°C, em que a água é circulada para níveis

mais profundos em fraturas criadas artificialmente ou não, onde é aquecida, desse modo a água quente e o vapor movem-se para a superfície para serem utilizados como fontes de energia geotermal (ARBOIT et al, 2013, p. 156).

Porém, para que se consiga aproveitar essas fontes geotermiais, algumas características devem ser observadas. O terreno deve possuir rochas quentes ou corpos magmáticos, que servirão como fonte de calor; um fluido, mais comumente água, que servirá como transportador de calor; rochas permeáveis, bastante encontradas em aquíferos, que servirão como reservatórios; ou até mesmo formações geológicas não permeáveis, que concentram e isolam toda a energia originada de um reservatório (ARBOIT, 2013).

O Brasil, mesmo estando longe de falhas geológicas, acaba vendo em seu território outras condições que viabilizam a exploração da fonte geotérmica. Esse potencial é encontrado principalmente nas regiões Centro-Oeste, Sul e Sudeste, onde há poços que conseguem bombear água a aproximadamente 50°C.

## **CAPÍTULO 2**

### **ENERGIA EÓLICA**

A energia eólica tem ganhado cada vez mais espaço no Brasil, e o próprio desenho territorial se mostra como um grande aliado para que isso aconteça. Beneficiado por suas vastas dimensões, além de uma faixa litorânea de proporções continentais, o Brasil ganha uma posição de destaque no que diz respeito a exploração dessa fonte renovável de energia. Segundo Pacheco (2006, p. 8):

Caracterizada por ser uma energia limpa, renovável e disponível em todos os lugares, a utilização dessa fonte energética para a geração de energia, em escala comercial, iniciou-se em 1992, com a instalação de uma turbina de 75kW, em Fernando de Noronha, através de iniciativa do Centro Brasileiro de Energia Eólica-CBEE. Segundo pesquisas desenvolvidas, no território nacional existem diversos pontos com grande potencial eólico ainda não explorados.

Os primeiros projetos de energia renovável implementados no Brasil foram nos anos 90, com projetos de energia solar e eólica no Norte e Nordeste. Estas regiões foram escolhidas devido aos graves problemas de abastecimento elétrico enfrentados a época, e também a grande quantidade de localidades isoladas, onde o abastecimento de energia elétrica não atendia (PINTO et al, 2017). No ano de 1992 foi instalado o primeiro aerogerador no Brasil, em Fernando de Noronha. Segundo a Associação Brasileira de Energia Eólica (2019), no ano de 2019 a potência instalada de todos os parques eólicos em nosso território já era de 15,45GW, o equivalente a quase 10% da matriz elétrica brasileira.

#### **2.1 POTENCIAL EÓLICO BRASILEIRO**

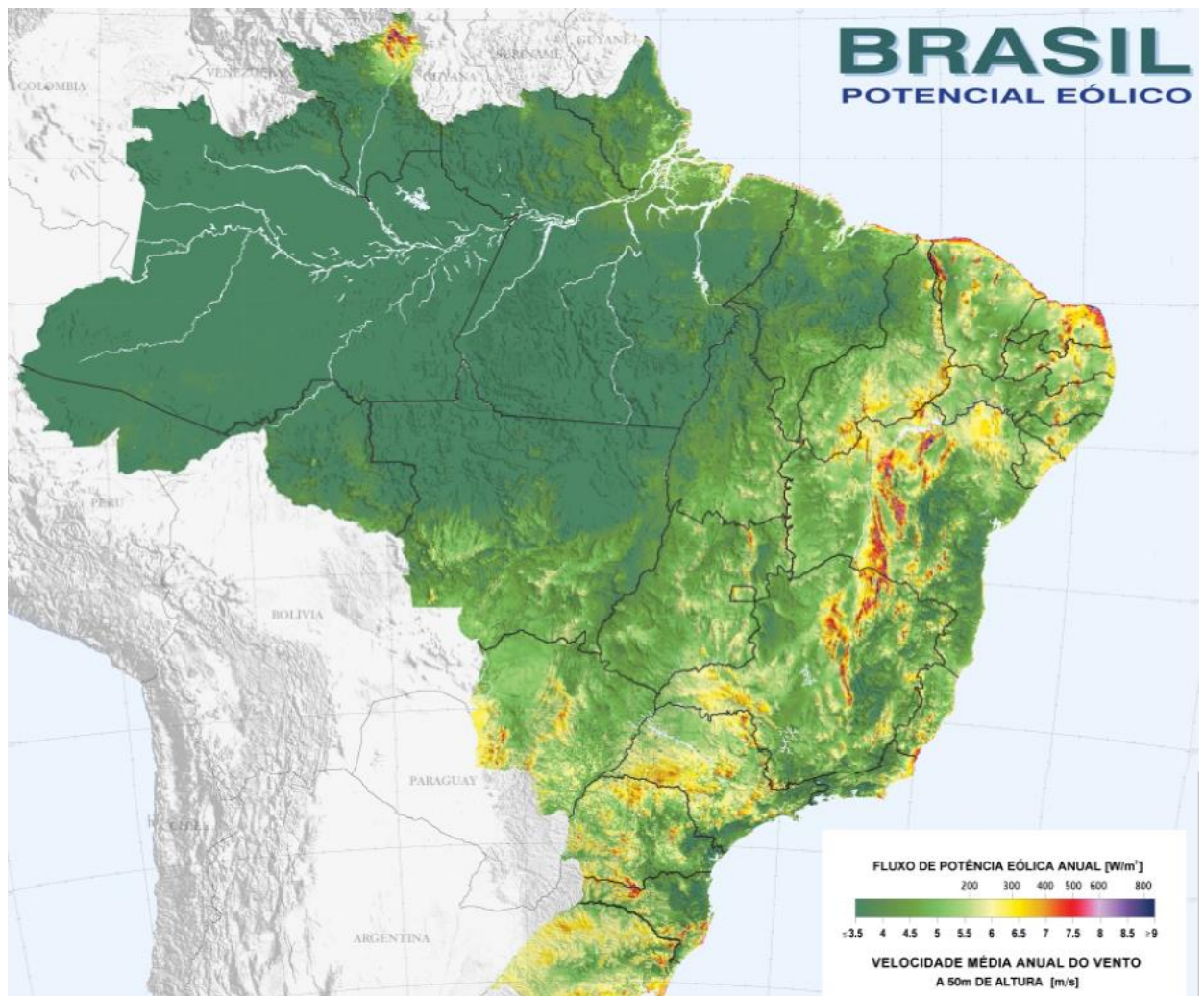
A forma como é medido o potencial eólico de determinada área, além de custoso, pode demandar bastante tempo, tanto devido aos custos de instalação de equipamentos, quanto ao tempo de exposição desses equipamentos para a aquisição de dados sobre os ventos da região. De forma a diminuir os custos e economizar tempo, pode-se utilizar algumas fontes de dados já existentes e que se mostram bastante úteis na medição do potencial eólico. A utilização de mapas, ou atlas, eólicos suprimem essa necessidade inicial de dados. De posse dos dados iniciais fornecidos por essas fontes tem-se uma ideia do potencial eólico da região a ser explorada, e a partir disso um estudo com medições mais precisas pode ser realizado (RIBEIRO, 2017).

No ano de 2001 a CEPEL (Centro de Pesquisas de Energia Elétrica) publicou o Atlas

do Potencial Eólico Brasileiro, que indicava as principais regiões com maior potencial para a exploração da energia eólica.

A Figura 2 mostra as regiões do território brasileiro com grande potencial para a exploração da energia eólica.

**Figura 2** – Mapa do potencial eólico brasileiro - 2001.



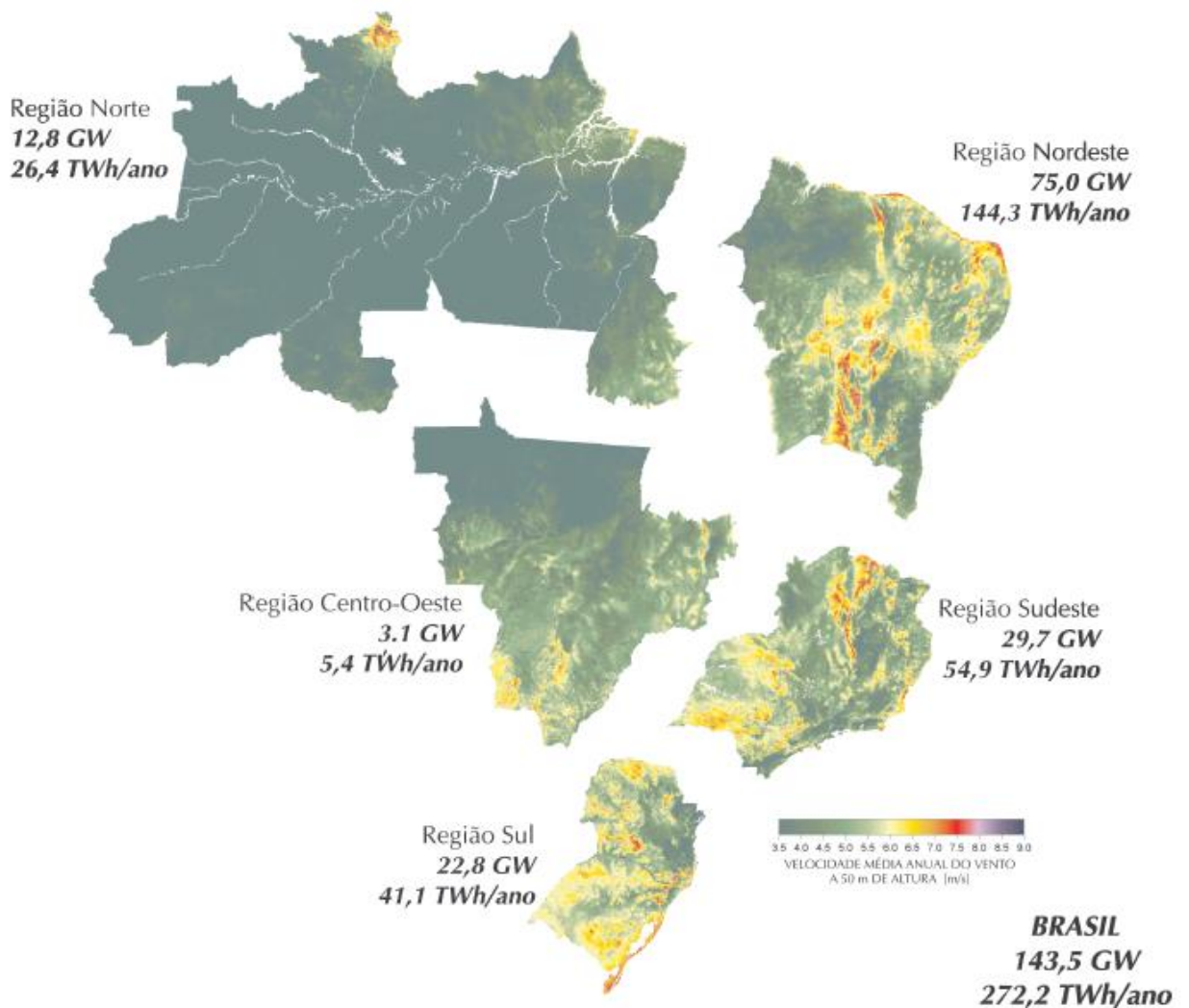
Fonte: CEPEL (2001).

Esses dados, que constam na Figura 2, mostram que o Brasil possui uma extensa área, uma parcela significativa do seu território, com ocorrência de ventos que favorecem a exploração do recurso eólico. E a maior parte dessas áreas localizam-se nas regiões Nordeste, Sudeste e Sul. Vale também ressaltar que por ocasião desse estudo, foi levado em consideração as torres eólicas com altura aproximada de 50m, e que nos dias atuais essas torres ultrapassam facilmente os 100m de altura, fazendo com que o potencial eólico

brasileiro esteja subestimado (PINTO et al, 2017).

A Figura 3 mostra o potencial eólico-elétrico aproximado brasileiro, separado por regiões.

**Figura 3** – Mapa do potencial eólico brasileiro por regiões - 2001.



Fonte: CEPEL (2001).

Na figura acima, os locais representados com tons mais avermelhados indicam as regiões onde os ventos incidem com uma maior velocidade. Podemos observar que, os ventos vindos do Oceano Atlântico que chegam ao nosso litoral, são responsáveis por mais de 80% do potencial estimado do país inteiro.

## 2.2 A GEOGRAFIA DO TERRITÓRIO BRASILEIRO

O Brasil é um país de dimensões continentais, ocupando o quinto lugar no mundo em

extensão territorial, com aproximadamente 8.514.215km<sup>2</sup>. Na América Latina, nenhum outro país possui dimensões maiores. Já o seu litoral, que se estende basicamente de Norte a Sul, tem uma extensão 7.367km, todo banhado pelo Oceano Atlântico.

Diferentemente do extremo Oeste da América do Sul, região compreendida por uma cadeia de grandes elevações, onde a altitude facilmente ultrapassa os 2000m, o território brasileiro é dominado, em sua maioria, por planícies. Essas planícies possuem altitude média inferiores a 250m, das quais podemos destacar algumas regiões do Rio Grande do Sul, do Pantanal e, principalmente, da Amazônia. Em algumas áreas que se estendem do Sul até o Centro brasileiro a altitude média varia entre 750m e 1000m (AMARANTE et al, 2001).

O desenho territorial brasileiro, por si só, já se mostra de grande valor para a realização de medições e a própria exploração eólica. Características como o seu extenso território, e principalmente o seu litoral, completamente banhado pelo Oceano Atlântico, oferecem ótimas condições para o crescimento desse ramo energético.

## 2.3 POPULAÇÃO

Com aproximadamente 210 milhões de habitantes, a população do Brasil cresce a cada ano. Para efeitos de comparação, no início do Século XXI éramos pouco mais de 170 milhões. De acordo com o Censo realizado pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas), hoje, cerca de 85% vivem em centros urbanos, enquanto 15% estão espalhados em áreas rurais. Vale salientar ainda o grande contraste de densidade demográfica que possuímos. Enquanto os grandes centros urbanos, principalmente na região Sudeste, possuem uma alta densidade demográfica (cerca de 87 habitante por km<sup>2</sup>), em outras regiões a realidade é bem diferente, como na Amazônia por exemplo, onde a densidade demográfica é muito menor (cerca de 2,6 habitantes por km<sup>2</sup>) (Censo Demográfico 2010 - IBGE).

Essa maior concentração populacional em áreas urbanas, aliado ao seu crescimento, dentre diversos outros fatores, indicam uma maior demanda energética nos próximos anos, crescendo de importância a busca pela diversificação de fontes de energia.

## 2.4 POLÍTICAS PÚBLICAS

Políticas públicas têm sido o principal meio para o crescimento da exploração de energias renováveis no Brasil. Elas são efetivadas a partir de três mecanismos, o de regulação, o fiscal e o financiamento. Segundo Silva (2014, p. 2):

O primeiro, de regulação, visa estabelecer regras a serem obedecidas pelos agentes regulados; o segundo, fiscal, refere-se a aplicação de recursos públicos não reembolsáveis, que incluem mecanismos tributários como: reduções de alíquotas, isenções, deduções e créditos tributários e a concessão de subsídios; e o terceiro, financiamento, objetiva aplicar recursos públicos com expectativa de retorno financeiro, a partir da concessão de financiamentos, garantias e participação societária em empreendimentos.

O mecanismo de regulação é o mais utilizado, onde por meio de tarifas-prêmio consegue-se reduzir os riscos envolvidos nos projetos, influenciando diretamente no retorno aos investidores.

Ainda segundo Silva (2014), as políticas públicas voltadas para o setor de energias renováveis tendem a aumentar o custo da energia, no curto prazo, gerando impactos negativos na economia. Esses impactos acabam dificultando a medição do real benefício na expansão do setor. Porém, com as mudanças climáticas que enfrentamos ano a ano, aliada ao crescimento do consumo energético, a nossa mentalidade vem mudando com o passar do tempo. Damos cada vez mais importância para as energias renováveis, principalmente pelo fato de ser uma fonte de energia limpa, e isso acaba fazendo com que políticas públicas mais eficientes sejam desenvolvidas. Com esse desenvolvimento, e com o pensamento de longo prazo, os frutos certamente serão colhidos no futuro, com o país se beneficiando com o surgimento de novas tecnologias e cada vez menos dependente de fontes convencionais de energia.

## 2.5 IMPACTOS AMBIENTAIS

Sabe-se que, com o desenvolvimento da sociedade, o ser humano tem aumentado sua necessidade pela energia elétrica, tornando-a essencial para sua própria sobrevivência. Esse aumento da demanda, faz com que o homem tenha a necessidade de explorar ainda mais a natureza afim de extrair matéria prima para a geração de energia. Muitas vezes essa extração é feita de forma irregular, causando estragos na natureza. Muitos países já começaram a ligar o alerta para os possíveis impactos ambientais oriundos dessa exploração (AZEVEDO et al, 2017).

Os impactos ambientais oriundos da exploração de energia eólica tendem a variar, dependendo do local ou região onde os parques eólicos são construídos. Estudos realizados na Europa mostraram que os principais impactos observados foram: impacto visual, ruído acústico e impacto sobre a fauna. No Brasil, acrescenta-se ainda a questão do local (tipo de

terreno) onde os parques são construídos, tendo em vista que a grande maioria é implantado próximo ao litoral, alguns em regiões de dunas, geralmente áreas protegidas. O desmatamento e a erosão do solo são fatores de preocupação e acabam fazendo com que a fase da construção seja a parte mais crítica em relação aos impactos socioambientais (PINTO et al, 2017). Mas é sempre bom lembrar que esses impactos, se comparados com os produzidos pelas fontes convencionais de energia (hidrelétricas, por exemplo) são bem pequenos, porém não devem ser desprezados.

### 2.5.1 Impacto visual

No Brasil, os parques eólicos geralmente são instalados em áreas livres de obstáculos, sejam eles naturais (grandes elevações) ou artificiais (localidade com grandes edifícios), visando um maior aproveitamento do vento incidente na região. Por serem formados por grandes estruturas, suas pás e a torre que as sustentam, elas acabam se tornando bem visíveis no terreno. Apesar de ser um símbolo de crescimento e desenvolvimento, muitas pessoas podem ver essas grandes estruturas com desaprovação, uma vez que elas acabam alterando a paisagem da região. Essa reação negativa acaba sendo bastante subjetiva, pode ou não ocorrer, entre alguns ou todos os moradores da localidade (AZEVEDO et al, 2017). Através da conscientização da população onde esses parques são instalados, fazendo-os conhecer os benefícios da energia eólica, os efeitos desse impacto tendem a ser bastante minimizados.

### 2.5.2 Ruído acústico

A poluição através do som é outro tipo de impacto ambiental oriundo dos parques eólicos. As turbinas podem gerar dois tipos de ruídos, o mecânico e o aerodinâmico. Enquanto o ruído mecânico é gerado por componentes da turbina, o ruído aerodinâmico se dá pelo atrito entre as pás eólicas e o ar. O ruído gerado por uma única turbina eólica pode variar entre 40 e 60 decibéis, a uma distância aproximada de 40 metros. Aumentando essa distância para 500 metros, o ruído pode variar entre 25 e 35 decibéis. Para efeito de comparação, em um parque com 10 turbinas eólicas, esse ruído fica entre 35 a 40 decibéis. Na prática esses números podem oscilar bastante, dependendo do tamanho do parque eólico e da quantidade de turbinas em operação (AZEVEDO et al, 2017). Enquanto não surgem tecnologias que consigam minimizar esse tipo de impacto, resta tomar medidas para que os parques eólicos sejam



construídos distantes de localidades e não afetem diretamente a saúde da população.

### 2.5.3 Impacto sobre a fauna

Um dos principais impactos a natureza que a exploração da energia eólica pode causar é em relação a fauna, mais especificamente sobre as aves. A construção dos primeiros parques eólicos não levavam em conta as rotas migratórias das aves (na época não havia exigência de estudo para isso). Porém, essa questão ainda é bastante controversa, tendo em vista a insignificância no número de aves mortas. Estimativas elaboradas na América do Norte e Europa mostraram que o número de aves mortas por MW de capacidade eólica instalada é muito baixo. Nos Estados Unidos varia entre 1 a 6 aves mortas por MW, enquanto na Espanha a mortalidade está entre 0,1 e 0,6 aves por turbina ao ano (PINTO et al, 2017).

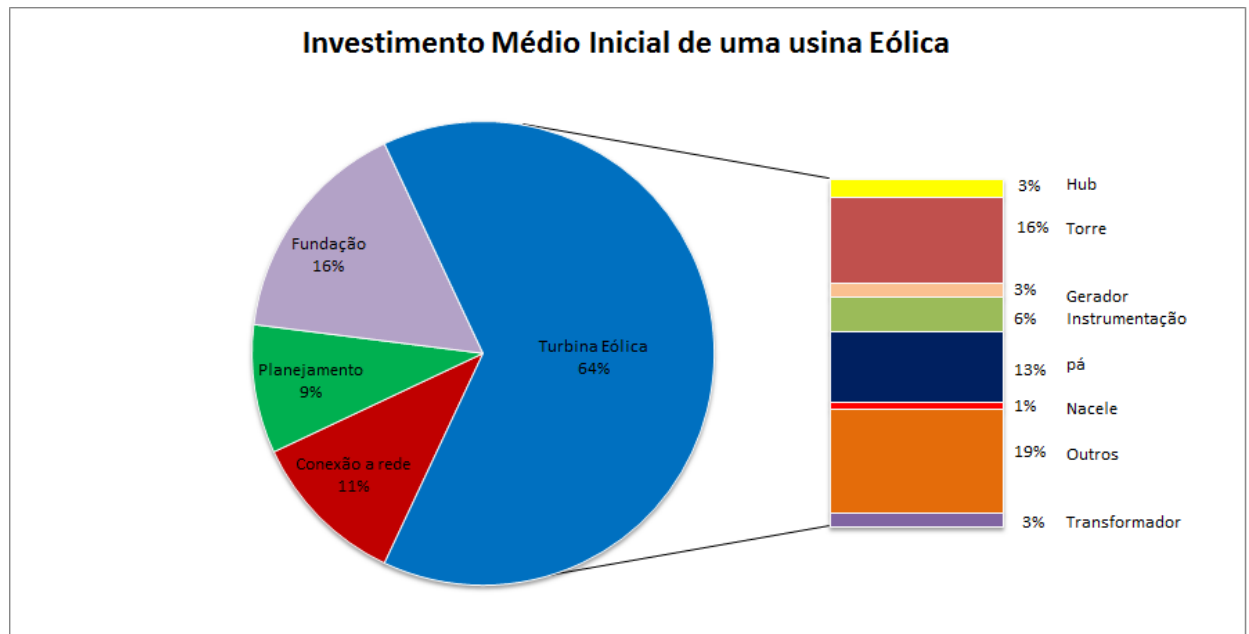
## 2.6 CUSTOS DE INVESTIMENTO

No setor de energia eólica, um dos pontos mais desafiadores para a implantação de um sistema eólico é determinar qual o custo de capital do mesmo. Segundo Ribeiro (2017, p. 22):

O problema é complicado pois fabricantes de turbina eólica não estão abertos a compartilhar seus custos de produção. Assim como as empresas não disponibilizam os custos da potência (R\$/kW) instalada na construção de um parque eólico no Brasil. Esses dados são sigilosos, grande parte por serem considerados estratégicos.

Dentre os diversos gastos que devem ser levados em consideração, podemos citar os gastos com equipamentos, que, devido a especificidade destes, tendem a ser bem altos. Equipamentos essenciais para a instalação de parques eólicos, como torres, geradores e transformadores por exemplo, tendem a consumir uma porcentagem significativa do investimento. Além disso, gastos com a preparação do terreno, conexão a rede elétrica e o próprio planejamento, podem ser responsáveis por aproximadamente um terço do capital investido.

A Figura 4 mostra o custo médio em equipamentos para a instalação de usinas eólicas.

**Figura 4** – Custo médio em equipamentos – Usinas Eólicas.

Fonte: RIBEIRO (2017).

Além disso, deve-se levar em consideração também os custos referentes a logística (transporte de equipamentos para as usinas), o que na figura acima está incluído em “Outros”, representando 19%.

O Brasil ainda possui graves problemas no que diz respeito a logística ligadas as usinas eólicas. E o principal deles são as estradas. Muitos dos equipamentos dessas usinas são de grande porte, com tamanho e peso que dificultam o transporte pelas rodovias. Rodovias essas que, em diversas regiões, são de péssima qualidade, acrescentado um maior grau de dificuldade no transporte. Todos esses fatores juntos, acabam aumentando consideravelmente os custos RIBEIRO (2017).

## 2.7 CENÁRIO MUNDIAL

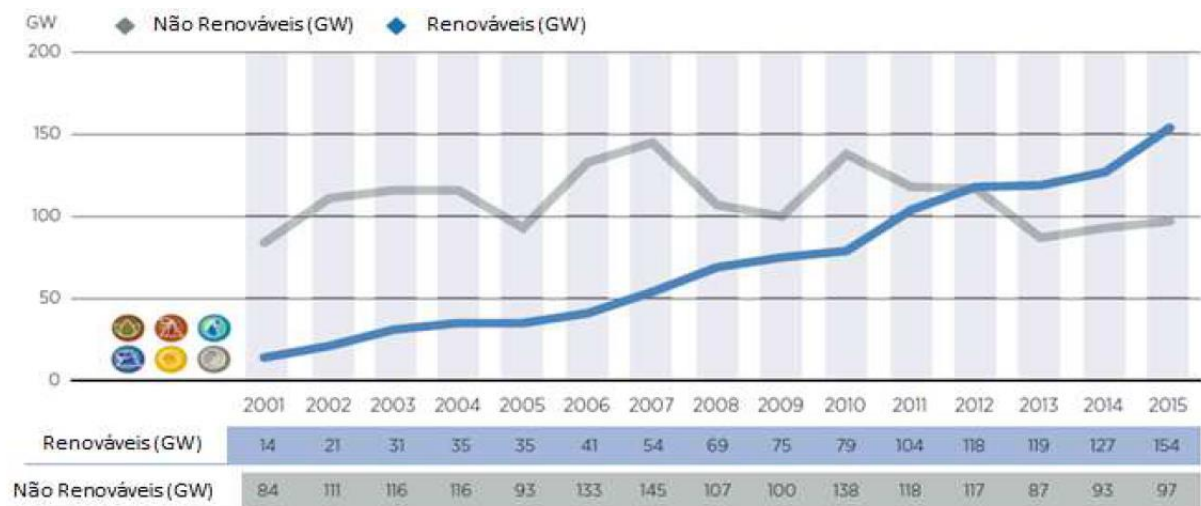
### 2.7.1 Capacidade instalada

Com a necessidade de utilização de energias mais limpas, visando a diminuição dos impactos ao meio ambiente, incluindo as mudanças climáticas, os investimentos em energias renováveis crescem a todo vapor. Cada vez mais os países vem acrescentando as suas matrizes energéticas, a utilização do recurso eólico para a produção de energia. Enquanto a capacidade

instalada de energias não renováveis apresentam um crescimento lento, quase estabilizado, as fontes renováveis de energia seguem em um crescimento acelerado (PAULINO, 2017).

A Figura 5 mostra a capacidade de energias renováveis e não renováveis adicionadas a matriz energética mundial, entre os anos de 2001 e 2015.

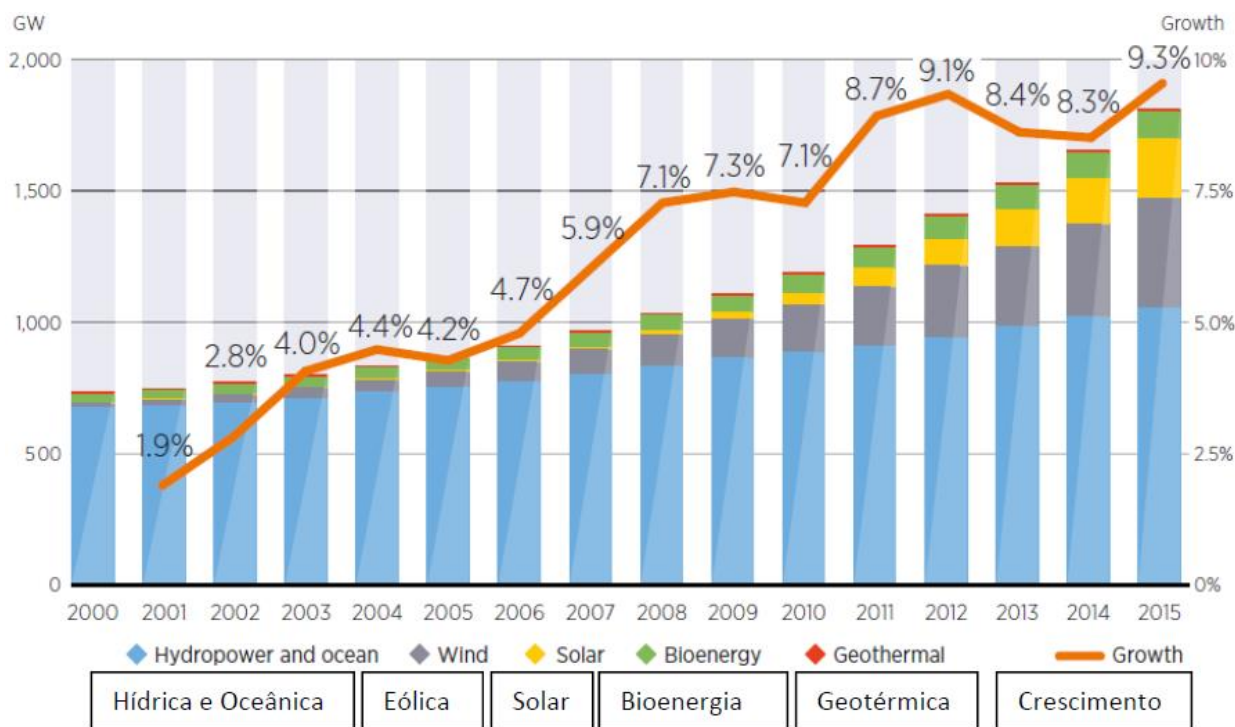
**Figura 5** – Capacidade adicionada de energias renováveis e não renováveis no mundo.



Fonte: PAULINO (2017).

Podemos observar acima que, no ano de 2012 o nível da capacidade instalada de energia renovável no mundo ultrapassou o de energia não renovável.

Analisando com um pouco mais de detalhes, podemos ver o quanto a energia eólica exerce uma influência direta nesses números.

**Figura 6** – Taxa de crescimento de energias renováveis no mundo.

Fonte: PAULINO (2017).

Na figura acima podemos ver o quanto as energias renováveis crescem a um ritmo bem acelerado anualmente. A fonte eólica se destaca bastante, mostrando um crescimento superior as demais fontes.

### 2.7.2 Mercado

O mercado de energia eólica cresce cada vez mais em todo o mundo, a uma taxa média acima dos 10%, puxados pela confiança europeia nesse mercado e pelo grande número de instalações realizadas pelos Estados Unidos nos últimos anos. Para Silva (2014, p. 32):

A participação da energia eólica na matriz energética dos países em desenvolvimento tende a aumentar nos próximos anos. Isto será resultado das ações públicas realizadas na África / Oriente Médio, Ásia e América Latina e Caribe, em especial na Argentina, no Brasil, em Cabo Verde, no Chile, na Costa Rica, na República Dominicana, em Honduras e no Vietnã. Estima-se que, em 2030, estarão instalados de 80 a 95GW na África, 100GW no Oriente Médio, 130GW na América Latina e 210GW na Ásia, excluindo os países membros da OCDE.

As perspectivas para os próximos anos são bastante animadoras em nível mundial.

Além do mais, com a evolução do mercado de energia eólica, a tendência é a diminuição dos custos de produção, consequentemente deixando os preços mais acessíveis para o consumidor final. Como bem observa Silva (2014, p. 32):

Além da Europa, os Estados Unidos e diversos países emergentes possuem custos de energia eólica competitivos com os originados por combustíveis fósseis. Estima-se que, de 2021 a 2035, o valor médio desta fonte energética no mundo ficará entre 6 e 9 centavos/KWh. Estas projeções consideram os avanços tecnológicos que ocorrerão durante este período, como: a redução do peso dos equipamentos, em especial as pás e naceles; a mudança de torres de concreto para as de aço; os perfis de lâmina deformável; e o monitoramento mais sofisticado através de relatórios de desempenho.

O cenário de longo prazo para o mercado de energia eólica é muito promissor, com as empresas do setor realizando diversos investimentos, tanto em pesquisas como no aprimoramento e desenvolvimento de novas tecnologias. Os setores de logística e transporte, por exemplo, crescem de importância, tendo em vista as dimensões dos equipamentos e materiais utilizados nesse campo. As instalações dos parques eólicos, em alguns locais de mais difícil acesso, tendem a servir como espaço para o desenvolvimento de peças, que podem ser usadas no próprio parque. Já a área de tecnologia da informação, devido as suas características particulares, evolui a um ritmo acelerado, acima do normal, e se mostra essencial para o setor de monitoramento e manutenção. Medições realizadas de forma mais precisa acabam evitando com que diversas falhas venham a ocorrer (SILVA, 2014).

### **CAPÍTULO 3**

#### **SEGURANÇA ENERGÉTICA**

Possuidor de uma das matrizes energéticas mais diversificadas do mundo, o Brasil ocupa uma posição de destaque na América Latina. Gigante territorialmente, com forte influência política e com uma das maiores economias de todo o continente americano, consegue exercer uma certa influência na região. Essas características alçam o país a uma posição natural de liderança no continente sulamericano.

Energia é um elemento fundamental para o funcionamento de todos os setores de um país, desde a comunicação e transporte, passando pelo desenvolvimento social, o aquecimento, a alimentação, a garantia de conforto e de qualidade de vida, bem como a movimentação da força militar (combustíveis para as máquinas de guerra e eletricidade para o funcionamento de armamentos, computadores, satélites, radares e outros). Assim, a Segurança Energética se insere no processo de securitização das nações (BRITO et al, 2012, p. 7).

Podemos definir que a segurança energética de um país se dá por meio do franco acesso aos recursos energéticos que serão usados para o desenvolvimento contínuo da nação. Esses recursos, preferencialmente, devem ser diversificados e encontrados em abundância no seu território. Além do mais, o fornecimento desses recursos também devem ser confiáveis e acessíveis a todos. Para Brito (2012, p. 8):

Segurança Energética é mormente tratada dentro das visões liberais das Relações Internacionais, incorporando temas que ultrapassam a agenda militar da segurança. Trata-se de uma definição que pode ser abraçada por qualquer país em referência ao contexto doméstico de seu suprimento energético. No entanto, destaca-se certo “olhar de consumidor” nessa definição. Por essa perspectiva, a Segurança Energética “ideal” seria, por exemplo, produzir a energia de um país a partir da maior diversidade possível de fontes e, ao mesmo tempo, utilizar o máximo possível de recursos energéticos próprios, obtidos dentro do território nacional.

Para qualquer país, há uma importância enorme não só em se diversificar as fontes energéticas, mas principalmente em manter uma certa independência, não necessitando de bens energéticos de terceiros. A dependência energética pode ser tida como um ponto fraco e, caso haja, precisa ser minimizado. Porém, a independência energética não é algo comum de ser encontrada, uma vez que a distribuição dos recursos em todo o globo não é homogênea. Sendo assim, aquele país que a alcança acaba possuindo um grande diferencial.

### 3.1 MATRIZ ENERGÉTICA MUNDIAL

Durante as últimas décadas, as matrizes energéticas de diversos países do mundo, inclusive o Brasil, tem mudado bastante. Analisando o período compreendido entre os anos de 1973 até 2019, enquanto no bloco da OCDE houve um grande crescimento da energia nuclear, em outros países o responsável por esse crescimento foi o gás natural. No Brasil, além do gás natural, houve um forte aumento na participação da energia hidráulica (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2019). Porém, um ponto bastante importante a se destacar é o grande recuo dos derivados de petróleo na matriz energética, comum a todos os blocos, como vemos a seguir:

**Figura 7** – Oferta interna de energia no Brasil e no Mundo (em %).

| Fonte                       | Brasil      |              | OCDE         |              | Outros       |              | Mundo        |               |
|-----------------------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|
|                             | 1973        | 2019         | 1973         | 2019         | 1973         | 2019         | 1973         | 2019          |
| Derivados de Petróleo       | 45,6        | 34,4         | 52,6         | 35,3         | 29,9         | 25,4         | 46,1         | 31,5          |
| Gás Natural                 | 0,4         | 12,2         | 18,9         | 28,1         | 12,9         | 20,9         | 16,0         | 22,8          |
| Carvão Mineral              | 3,2         | 5,3          | 22,6         | 15,7         | 31,1         | 35,3         | 24,6         | 26,3          |
| Urânio                      | 0           | 1,4          | 1,3          | 9,6          | 0,2          | 2,3          | 0,9          | 5,0           |
| Hidro                       | 6,1         | 12,4         | 2,1          | 2,3          | 1,2          | 2,5          | 1,8          | 2,5           |
| Outras não Renováveis       | 0           | 0,6          | 0            | 0,4          | 0            | 0,1          | 0            | 0,3           |
| Outras Renováveis           | 44,8        | 33,8         | 2,5          | 8,5          | 24,7         | 13,5         | 10,6         | 11,6          |
| Biomassa Sólida             | 44,3        | 24,1         | 2,4          | 4,6          | 24,7         | 11,7         | 10,5         | 8,9           |
| Biomassa Líquida            | 0,5         | 7,8          | 0            | 1,03         | 0            | 0,18         | 0            | 0,65          |
| Eólica                      | 0           | 1,64         | 0            | 1,42         | 0            | 0,53         | 0            | 0,87          |
| Solar                       | 0           | 0,195        | 0            | 0,82         | 0            | 0,59         | 0            | 0,65          |
| Geotérmica                  | 0           | 0            | 0,16         | 0,62         | 0            | 0,52         | 0,1          | 0,54          |
| <b>Total (%)</b>            | <b>100</b>  | <b>100</b>   | <b>100</b>   | <b>100</b>   | <b>100</b>   | <b>100</b>   | <b>100</b>   | <b>100</b>    |
| <i>dos quais renováveis</i> | <i>50,8</i> | <i>46,1</i>  | <i>4,6</i>   | <i>10,8</i>  | <i>26,0</i>  | <i>16,0</i>  | <i>12,5</i>  | <i>14,2</i>   |
| <b>Total - Mtep</b>         | <b>82,2</b> | <b>294,0</b> | <b>3.741</b> | <b>5.418</b> | <b>2.105</b> | <b>8.223</b> | <b>6.109</b> | <b>14.358</b> |
| <b>% do mundo</b>           | <b>1,3</b>  | <b>2,0</b>   | <b>61,2</b>  | <b>37,7</b>  | <b>34,5</b>  | <b>57,3</b>  |              |               |

Fonte: MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (2019).

A redução de 17,3 pontos percentuais do petróleo e derivados na matriz energética da OCDE, entre 1973 e 2019 reflete o esforço de substituição desses produtos, decorrente principalmente dos choques nos preços de petróleo, ocorrido em 1973 (de US\$ 3 o barril para US\$ 12), em 1979 (de US\$ 12 para US\$ 40), e a partir de 1998, quando teve início um novo ciclo de aumentos. A partir de 2016, já se observou alguma reversão de tendência, em razão da retração nos preços de petróleo (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2019, p. 21).

Nota-se que o Brasil segue a tendência mundial, diminuindo cada vez mais a participação de petróleo e derivados em sua matriz energética, evidando esforços para a substituição dessas fontes fósseis pelas renováveis. Em 2019, a participação de fontes renováveis de energia na matriz energética brasileira representava 46,1%, enquanto a média

mundial marcava 14,2%.

### 3.2 MATRIZ ELÉTRICA MUNDIAL

A matriz elétrica mundial, ou o conjunto de fontes de energia exclusivas para a produção de energia elétrica, segue a mesma tendência da matriz energética, com uma grande redução da participação de petróleo e derivados, e também da fonte hidráulica. Paralelo a isso, houve um aumento da participação das demais fontes, chamando a atenção o gás natural e a energia eólica.

**Figura 8** – Oferta interna de energia elétrica no Brasil e no Mundo (em %).

| Fonte                       | Brasil      |             | OCDE         |               | Outros       |               | Mundo        |               |
|-----------------------------|-------------|-------------|--------------|---------------|--------------|---------------|--------------|---------------|
|                             | 1973        | 2019        | 1973         | 2019          | 1973         | 2019          | 1973         | 2019          |
| Petróleo e Derivados        | 7,2         | 1,1         | 25,4         | 1,7           | 23,1         | 4,1           | 24,6         | 3,0           |
| Gás Natural                 | 0,5         | 9,3         | 11,6         | 28,3          | 14,2         | 20,2          | 12,2         | 23,2          |
| Carvão Mineral              | 1,7         | 2,4         | 37,9         | 23,4          | 40,9         | 48,1          | 38,3         | 36,7          |
| Urânio                      | 0           | 2,5         | 4,2          | 17,8          | 0,9          | 4,7           | 3,3          | 10,1          |
| Hidro                       | 89,4        | 64,9        | 20,5         | 12,9          | 19,3         | 15,5          | 21,0         | 15,6          |
| Outras não Renováveis       | 0           | 1,9         | 0            | 0,4           | 0            | 0,0           | 0,1          | 0,2           |
| Outras Renováveis           | 1,2         | 18,1        | 0,3          | 15,6          | 1,6          | 7,4           | 0,6          | 11,1          |
| Biomassa Sólida             | 1,2         | 8,4         | 0,2          | 3,1           | 1,6          | 1,1           | 0,5          | 2,1           |
| Eólica                      | 0           | 8,6         | 0            | 9,1           | 0            | 4,6           | 0            | 6,5           |
| Solar                       | 0           | 1,02        | 0            | 3,0           | 0            | 1,5           | 0            | 2,1           |
| Geotérmica                  | 0           | 0           | 0,1          | 0,4           | 0            | 0,2           | 0,1          | 0,3           |
| <b>Total (%)</b>            | <b>100</b>  | <b>100</b>  | <b>100</b>   | <b>100</b>    | <b>100</b>   | <b>100</b>    | <b>100</b>   | <b>100</b>    |
| <i>dos quais renováveis</i> | <i>90,6</i> | <i>83,0</i> | <i>20,8</i>  | <i>28,5</i>   | <i>20,9</i>  | <i>22,9</i>   | <i>21,5</i>  | <i>26,7</i>   |
| <b>Total (TWh)</b>          | <b>65</b>   | <b>651</b>  | <b>4.472</b> | <b>11.209</b> | <b>1.579</b> | <b>15.236</b> | <b>6.115</b> | <b>27.101</b> |
| <b>% do mundo</b>           | <b>1,1</b>  | <b>2,4</b>  | <b>73,1</b>  | <b>41,4</b>   | <b>25,8</b>  | <b>56,2</b>   |              |               |

Fonte: MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (2019).

Podemos observar na figura acima que nesse período, entre 1973 e 2019, o Mundo viu uma queda brusca na participação de petróleo e derivados, caindo de 24,6% para 3%, e da fonte hidráulica, 21% em 1973 para 15,6% em 2019. Oposto a esse movimento vale destacar a fonte eólica que em 1973 não possuía valores significativos e em 2019 já ocupava 6,5% da matriz elétrica mundial. No Mundo, as fontes renováveis foram responsáveis por um salto de 5,2% na matriz elétrica.

### 3.3 PERSPECTIVAS DO SETOR ENERGÉTICO NO BRASIL

A segurança no suprimento energético ganha cada vez mais destaque em todo o mundo, principalmente entre as grandes potências econômicas. Esse destaque deve-se ao fato da necessidade de se acompanhar o cenário de expansão econômica global, produzindo mais energia de forma sustentável, tendo em vista as constantes preocupações com as mudanças



climáticas.

O Brasil tem procurado antecipar sua demanda energética e criar um sistema, tanto de geração como de distribuição, mais confiável e de maior previsibilidade. Mesmo com uma abundância de recursos naturais e com a tecnologia necessária, o setor energético viveu uma época em que os investimentos eram escassos e o ambiente regulatório não era estável o suficiente para atrair novas empresas. Deficiências na capacidade de geração e distribuição de eletricidade na rede nacional eram grandes problemas. O sistema trabalhava no limite entre a demanda e o que podia produzir e entregar. Muitas vezes por fatores externos, fora do controle, como as chuvas, responsáveis por abastecerem os reservatórios das usinas hidrelétricas. Para Dhenin (2011, p. 11):

As perspectivas indicam que chegamos num momento de consolidação para o setor de energia no Brasil. Após um longo período de dificuldades, pela primeira vez é possível ver um conjunto completo de condições favoráveis para que o setor comece a avançar de forma sustentável. O governo vem conseguindo definir melhor suas prioridades no campo energético, a regulação do setor está mais confiável, os projetos vêm despertando muito interesse da iniciativa privada, há movimentação intensa nos canteiros de obras e uma série de grandes empreendimentos efetivamente saiu do papel.

Apesar de ser um dos maiores produtores mundiais de petróleo, o Brasil tem voltado a atenção para as energias limpas e renováveis, seguindo a tendência mundial e se atentando as atuais discussões energéticas. A matriz energética está cada vez mais diversificada. As fontes limpas compõem uma parcela maior da matriz ano após ano. Os problemas regulatórios e de geração e distribuição, antes bastante comuns, ficaram para trás, tornando o caminho para o futuro do setor energético mais limpo e mais tranquilo de ser trilhado.

### 3.4 TRANSIÇÃO ENERGÉTICA GLOBAL

A transição energética é caracterizada pelo conjunto de mudanças significativas nas fontes de energia, nos padrões de consumo, nas tecnologias, nas políticas públicas e no mercado do setor energético.

Historicamente, trata-se, por exemplo, do tipo de transição entre um sistema pré-industrial baseado na conversão de biomassa, vento água e força muscular humana e animal para um sistema industrial baseado em mecanização, motores a vapor, carvão, eletricidade, motores a explosão, turbinas e petróleo. Transições de uma matriz energética para outra não significam deixar de usar completamente fontes energéticas “antigas” (veja-

se o papel da energia hidráulica mesmo depois do advento da energia nuclear), mas certamente mudam profundamente as sociedades (CEPIK, 2017, p. 1).

Nos dias atuais essa transição vem acontecendo constantemente. Podemos observá-la nos esforços que os países tem feito para alterar sua matriz energética baseada em combustíveis fósseis, partindo para soluções menos poluentes e renováveis. Uma das principais motivações dos atores globais é a combinação da segurança, equidade e sustentabilidade da matriz energética global. Ainda assim, mesmo havendo um consenso, conflitos de interesses ainda existem. Segundo CEPIK (2017, p. 2):

Em termos sociais, as populações dos países capitalistas centrais resistem a reduzir seus altos níveis de consumo energético per capita, enquanto as populações dos países e/ou regiões semiperiféricos e periféricos (muito mais numerosas) demandam suprimentos de energia mais adequados. Em 2016, segundo o último relatório da British Petroleum, o Consumo Final Total (TFC) de energia no mundo foi de 13.276,3 milhões de toneladas de óleo equivalente (Mtoe). Enquanto os países da Organização para a Cooperação Econômica e Desenvolvimento (OCDE) representaram 41,6% do total consumido, os países da África representaram 3,3%, o Oriente Médio 6,7% e a América Latina (sem o México) representou 5,3%. A Índia, com 1,324 bilhão de habitantes, consumiu 723,9 Mtoe no ano passado, enquanto o Canadá, com 36,29 milhões, consumiu 329,7 Mtoe. Quando se aumenta a granularidade dos dados comparativos por tipo de fonte energética, renda per capita, países e regiões, ficam ainda mais evidentes a desigualdade e a exclusão de vastos segmentos da população mundial. Neste sentido, a transição energética é parte decisiva do conflito redistributivo global.

A transição energética, em termos políticos, acaba tendo uma relação direta com a distribuição do poder entre os países. Em 2015 os Estados Unidos produziram 2.188,3 toneladas de óleo equivalente, enquanto a China foi responsável por produzir 2.987 toneladas. Naquele ano, o suprimento total de energia primária (TPES) mundial foi de 13.647 toneladas. Para CEPIK (2017), o aumento da capacidade produtiva da China, juntamente com o atendimento adequado de sua demanda, geram reações desestabilizadoras por parte dos Estados Unidos, indicando que a transição energética global e as considerações de segurança são inseparáveis.

CEPIK (2017) ainda fala que a transição energética global poderá ocorrer bem mais rápido do que aconteceu na era pré-industrial, e cita três argumentos para isso.

O primeiro argumento é que a adoção de novas tecnologias, que impactam diretamente na matriz energética, possuem a tendência de ser cada vez mais rápida.

O segundo argumento é que já existiram exemplos históricos de uma rápida transição. Como é o caso da Holanda, em 1959, em que o principal suprimento energético, o carvão, que

representava 55% do suprimento de energia do país, foi rapidamente substituído pelo gás natural, que 12 anos mais tarde viria a ser o principal suprimento energético, graças a descoberta de grandes reservas na cidade de Groningen. Outro caso parecido foi o da França, em 1970, onde a energia nuclear era responsável pela geração de 4% de toda a eletricidade do país, e 12 anos mais tarde, em 1982, esse número chegou a 40%.

O terceiro argumento é que a atual transição energética já se dá em escala global, diferentemente das anteriores, que se concentraram, no máximo, em alguns países.

Enquanto as transições anteriores foram locais e nacionais, a atual é caracterizada por maior integração de cadeias produtivas e mercados globalmente distribuídos e desiguais, bem como por escassez relativa de fontes e por externalidades ligadas à sustentabilidade ecológica e social das matrizes (CEPIK, 2017, p. 3).

Mas quais as implicações essa transição traria para a segurança no Brasil? Bem, a segurança energética de determinado país repousa na variedade de fontes e fornecedores existentes no mesmo. Além de uma matriz energética diversificada, evitando assim a paralisação de toda a economia e o bem estar da população em caso de problemas de distribuição, podemos observar três princípios que podem orientar a busca pela segurança energética.

*A resiliência*, ou seja, a construção de uma margem de segurança (estoques, reservas e redundâncias) no suprimento de energia do país. *A integração* nas cadeias produtivas e a contínua participação no mercado regional e global de energia. E a *informação* sobre os diversos aspectos do setor de energia, sobre os atores relevantes e sobre os desenvolvimentos científicos, tecnológicos, financeiros, logísticos, políticos e militares ali envolvidos, em escala global e regional (CEPIK, 2017, p. 4).

Esses três princípios são de vital importância na busca pela segurança energética. Juntos, eles servem como um guia no processo de diversificação da matriz e acabam evitando alguns atalhos que, com o tempo, acabam fazendo com que o rumo do país seja perdido.

### 3.5 A ESTRATÉGIA DE SEGURANÇA ENERGÉTICA BRASILEIRA

Desde 1930, a estratégia de segurança energética brasileira foi buscar a autossuficiência em petróleo. Só depois do choque do petróleo, ocorrido em 1973, o Brasil optou pela autonomia através da diversificação de sua matriz energética, que passou a contar com biocombustíveis,

geração nuclear, termelétricas e hidrelétricas. Ao mesmo tempo, buscou-se também uma integração regional com países vizinhos (Gasoduto da Bolívia, Itaipu binacional...) (OLIVEIRA, 2012).

Recentemente, destacam-se duas vulnerabilidades brasileiras relativas a área de segurança energética. Primeiro, o fraco aumento na Intensidade de Consumo Final de energia (Mte/PIB) decorrente tanto da crise econômica como da desorganização, ou até mesmo ausência, de políticas públicas voltadas para os setores elétrico (energia oriunda de fonte hidrelétrica, nuclear e renovável), de gás natural e até mesmo de petróleo. A segunda vulnerabilidade é a falta de prioridade, por parte do governo, quando o assunto é a proteção cibernética das infraestruturas energéticas críticas.

Conforme o Anuário Estatístico da Agência Nacional do Petróleo (ANP), em 2016 havia 8.257 poços produzindo petróleo e gás natural no Brasil (eram 9.044 em 2011). Do total de poços ativos em 2016, 7.772 eram localizados em terra e 755 no mar. Além disso, o Brasil contava então com 18 refinarias de petróleo, quatro delas inauguradas depois de 2000 (<https://goo.gl/6nehv1>). Outros exemplos de infraestruturas críticas para a segurança energética brasileira seriam as 198 plataformas *offshore* de petróleo, os gasodutos, unidades de processamento e terminais de regaseificação de Gás Natural Liquefeito (GNL), os terminais terrestres e aquaviários de armazenamento de petróleo e de etanol, as mais de 400 usinas termelétricas, as 51 unidades produtoras de biocombustíveis, as usinas nucleares em Angra dos Reis, as dez maiores usinas hidrelétricas (Itaipu, Belo Monte, Tucuruí, Jirau, Santo Antônio, Ilha Solteira, Xingó, Paulo Afonso IV, Itumbiara e Teles Pires), os mais de 100 mil km de linhas de transmissão elétrica de alta tensão, as fábricas de equipamentos sensíveis, as minas de urânio e tório, além dos principais centros de pesquisa e desenvolvimento na área de energia (CEPIK, 2017, p. 5).

De um modo geral, a transição energética que hora acontece no Mundo, ocorre sob circunstâncias bem diferentes das anteriores. Novas tecnologias surgindo e evoluindo quase que de forma exponencial, um grande aumento populacional, fazendo com que a demanda energética seja cada vez maior, além das mudanças climáticas, que acabam estimulando a busca por fontes limpas de energia, são fatores que estão diretamente ligados e influenciam bastante no cenário energético mundial. Esse cenário, como um todo, acaba se transformando em um grande desafio de segurança a nível mundial, onde todos os países, inclusive o Brasil, fazem parte.

## CONCLUSÃO

Pode-se afirmar, portanto, que o foco da segurança energética brasileira deve ser voltado para a diversificação de sua matriz através de fontes de energias renováveis. Diversos fatores mostram que esse é o caminho a ser seguido. O próprio território é um grande indicador disso, não só por sua extensão, mas principalmente por suas características únicas.

A grande dependência das usinas hidrelétricas, que sempre foram a nossa principal fonte energética, é cada vez menor. Fontes de energia limpa como a solar, biomassa e eólica ganham cada vez mais espaço, ocupando, hoje, aproximadamente 20% de nossa matriz elétrica. Essas fontes, além de pouco poluírem o meio ambiente durante o processo de exploração, causam menos danos também durante a fase de implantação, pouco afetando o ambiente e, principalmente, as populações locais.

Quando voltamos nossos olhos exclusivamente para a exploração eólica, temos uma ideia do verdadeiro potencial energético brasileiro. O nosso território é grande o suficiente para a instalação de inúmeros parques eólicos, sejam eles onshore ou offshore, em variadas áreas e regiões, facilitando a exploração energética através dessa fonte renovável de energia. O Brasil tem evoluído a passos largos quando o assunto é energia eólica. Dados de 2019 apontam para 9,1% de nossa matriz elétrica sendo ocupada, exclusivamente, por essa fonte. E esse ramo ainda tem um grande espaço aberto para crescer. O Brasil praticamente não se utiliza de parques offshore para exploração.

Vimos também no Capítulo II que a tendência dos países em desenvolvimento é aumentar a participação da energia eólica em suas matrizes energéticas, puxados, principalmente, pela diminuição de custos na produção, cada vez mais competitivos com os combustíveis fósseis, que fazem com que os preços que chegam ao consumidor final sejam bem acessíveis, popularizando-a ainda mais.

O Mundo passa por uma grande transição energética, onde tudo acontece de maneira muito rápida, praticamente acompanhando a evolução tecnológica. A medida em que a tecnologia avança, os combustíveis fósseis perdem cada vez mais espaço para as fontes limpas de energia. Ao se analisar a tendência mundial, incluindo os países de Primeiro Mundo, vê-se que a busca por fontes de energias renováveis para a diversificação das matrizes energética e elétrica aumenta a cada ano, e a um ritmo rápido. Essa tendência tem bastante haver, também, com as mudanças climáticas, que fazem com que o processo de substituição de fontes poluentes por não poluentes seja acelerado.

De um modo geral, com o apresentado no presente trabalho, pode-se concluir que é essencial para o Brasil, pensando em sua segurança energética, seguir a tendência mundial e diversificar sua matriz energética, buscando aumentar ainda mais a capacidade de exploração de energias renováveis, principalmente a energia eólica, uma vez que estudos realizados indicam que grande parte do território oferece ótimas condições para que esse recurso natural seja explorado em perfeitas condições, como em poucos lugares do Mundo.

## REFERÊNCIAS

- AMARANTE, O. A. C.; BROWER, M.; ZACK, J.; SÁ, A. L. **Atlas do Potencial Eólico Brasileiro**. Brasília: MME, 2001.
- ARBOIT, N. K. S.; DECEZARO, S. T.; AMARAL, G. M.; LIBERALESSO, T.; MAYER, V. M.; KEMERICH, P. D. C. **Potencialidade do uso da Energia Geotérmica no Brasil – Uma revisão da literatura**. Revista do Departamento de Geografia – USP, Vol. 26, p. 155-168, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA – ABEEÓLICA. **Boletim anual de geração**, 2019. Disponível em: [https://www.abeeolica.org.br/wp-content/uploads/2020/06/PT\\_Boletim-Anual-de-Gera%C3%A7%C3%A3o-2019.pdf](https://www.abeeolica.org.br/wp-content/uploads/2020/06/PT_Boletim-Anual-de-Gera%C3%A7%C3%A3o-2019.pdf)
- AZEVEDO, J. P. M.; NASCIMENTO, R. S.; SCHRAM, I. B. **Energia eólica e os impactos ambientais: um estudo de revisão**. Revista UNINGÁ, v. 51, 2017.
- BRAGA, R. P. **Energia solar fotovoltaica: fundamentos e aplicações**. Escola Politécnica: Departamento de Engenharia Elétrica – UFRJ, 2008.
- BRASIL. Ministério da Defesa. **Política Nacional de Defesa e Estratégia Nacional de Defesa**. 2012
- BRITO, T. L. F.; SANTOS, E. M.; ROUSSEAU, I.; NAVA, P. L. **A dialética da segurança energética e a interdependência das nações**. Geografia e geopolítica do petróleo. Rio de Janeiro: Mauadx, 2012.
- CEPIK, M. **Segurança energética como desafio para o Brasil**, 2017. Disponível em: <https://scholar.google.com.br/scholar?oi=bibs&hl=pt-BR&cluster=11885783478351009789>
- DHENIN, M. P. P. **A segurança energética do Brasil: ameaças, perspectivas e desafios para 2022**. Revista Eletrônica Estratégia Brasileira de Defesa, 2011.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico 2010**.
- MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA – MME. **Resenha Energética Brasileira – Exercício de 2019**.
- OLIVEIRA, L. **Energia como recurso de poder na política internacional: geopolítica, estratégia e o papel do Centro de Decisão Energética**. Tese de Doutorado aprovada no Programa de Pós-Graduação em Ciência Política na Universidade Federal do Rio Grande do Sul em 2012.
- PACHECO, F. **Energias Renováveis: Breves Conceitos**. Salvador: Conjuntura Econômica n. 149, 2006.
- PAULINO, K. V. **Panorama da energia eólica no Brasil**. Universidade de Taubaté – SP, 2017.
- PINTO, L. I. C.; MARTINS, F. R.; PEREIRA, E. B. **O mercado brasileiro da energia**

**eólica, impactos sociais e ambientais.** Instituto de Pesquisas Ambientais em Bacias Hidrográficas (IPABHi), 2017.

RIBEIRO, L. B. **Um estudo sobre a energia eólica no Brasil.** Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP, 2017.

SILVA, J. B. **Energia eólica no Brasil: elementos para uma análise sobre as relações de trabalho.** Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia – UFRJ, 2014.