

**FACULDADE DOCTUM  
CENTRO DE ARQUITETURA E ENGENHARIAS**

**FABRÍCIO FAGNER DE PAULA**

**GERAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL**

**Juiz de Fora  
2019**

**FACULDADE DOCTUM  
CENTRO DE ARQUITETURA E ENGENHARIAS**

**FABRÍCIO FAGNER DE PAULA**

**GERAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Faculdade Doctum de Juiz de Fora, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental de Sanitária.

Orientador: Prof. MSc. Matheus Machado Cremonese.

**Juiz de Fora  
2019**

Paula, Fabrício.  
Geração de energia eólica e desenvolvimento sustentável /  
Fabrício Fagner de Paula – 2019.  
42 folhas.

Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Engenharia  
Ambiental e Sanitária) – Faculdade Doctum Juiz de Fora.

1. Energia eólica. 2. Desenvolvimento sustentável  
I. Título. II Faculdade Doctum Juiz de  
Fora

## **FACULDADE DOCTUM DE JUIZ DE FORA**

### **FOLHA DE APROVAÇÃO**

O Trabalho de Conclusão de Curso intitulado: GERAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, elaborado pelo aluno FABRÍCIO FAGNER DE PAULA foi aprovado por todos os membros da Banca Examinadora e aceito pelo curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Faculdade Doctum de Juiz de Fora, como requisito parcial para obtenção do título de

### **BACHAREL EM ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA**

Juiz de Fora, \_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_

---

Prof. (MSc. Matheus Machado Cremonese)  
Orientador e Docente da Faculdade Doctum - Unidade Juiz de Fora

---

Prof. (MSc. Flavio da Rocha Azevedo)  
Docente da Faculdade Doctum - Unidade Juiz de Fora

---

Prof. (MSc. Ricardo Stahlschmidt Pinto)  
Docente da Faculdade Doctum - Unidade Juiz de Fora

Dedico este trabalho aos meus pais, que sempre acreditaram no meu potencial, me incentivaram a seguir em frente e contribuíram diretamente com essa conquista e aos familiares e amigos que de forma direta e indireta me ajudaram a vencer as etapas desse desafio.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus por me dar saúde e proteção, sem ele nada seria possível.

Agradeço aos meus pais por estarem sempre presentes me dando apoio e me incentivando a seguir em frente, estando presente nas horas mais difíceis e felizes da minha vida.

Um agradecimento especial ao meu orientador Matheus por aceitar conduzir o meu trabalho, pelo suporte, apoio e por suas correções.

Agradeço a todos os demais professores da instituição por todo conhecimento adquirido durante os 5 anos de faculdade.

Enfim agradeço a todos que, de alguma forma contribuíram durante essa etapa de realização do Trabalho de Conclusão de Curso.

*“Que todos os nossos esforços estejam sempre focados no desafio a impossibilidade. Todas as grandes conquistas humanas vieram daquilo que parecia impossível”*

**(Charles Chaplin)**

## RESUMO

PAULA, FABRÍCIO. **Geração de energia eólica e desenvolvimento sustentável.** (42f). Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária). Faculdade Doctum, Juiz de Fora, 2019.

A partir das bases teóricas apresentadas, demonstrou-se as vantagens e desvantagens de se utilizar a energia eólica, ao mesmo tempo em que, buscou apresentar o seu funcionamento e como está a implantação desta tecnologia no Brasil. Através deste estudo, podemos perceber a fundamental importância das fontes renováveis de energia, em especial a energia eólica escopo deste trabalho. A produção de energia eólica é mais sustentável que as hidrelétricas, por exemplo, que alagam e deslocam moradores ribeirinhos e a fauna para outros lugares. A energia eólica é também mais limpa que a queima de biomassa que produz a emissão de gases do efeito estufa como o gás carbono, por exemplo. Quando se utiliza a energia eólica está sendo evitado a emissão de CO<sub>2</sub> na atmosfera, pois deixa-se de usar o petróleo e o gás natural, que são formas de energia poluentes. Uma ação importante a ser tomada com vistas à implantação de um modelo sustentável de desenvolvimento é o aumento do uso das fontes renováveis de energia. Atualmente, o vento é utilizado para produzir eletricidade. Existem impactos tanto positivos como negativos para o meio ambiente da utilização da energia eólica. Conclui-se neste trabalho acadêmico que com o intuito de aplicação dos preceitos do desenvolvimento sustentável, o incentivo às fontes renováveis, particularmente às “novas fontes renováveis”, em geral, visa atender objetivos estratégicos relacionados, com maior ou menor ênfase, dependendo do país, à segurança energética, à redução dos gases de efeito estufa e à geração de emprego e renda.

**Palavras-chave:** Energia eólica. Desenvolvimento sustentável. Recursos naturais.



## ABSTRACT

PAULA, FABRÍCIO. **Wind power generation and sustainable development.** (42f). Course Conclusion Paper (Graduation in Environmental and Sanitary Engineering). Doctum College, Juiz de Fora, 2019.

From the presented theoretical bases, it was demonstrated the advantages and disadvantages of using the wind energy, at the same time, it tried to present its operation and how is the implementation of this technology in Brazil. Through this study, we can realize the fundamental importance of renewable energy sources, in particular the wind energy scope of this work. Wind power production is more sustainable than hydroelectric plants, for example, which flood and displace riverine residents and wildlife elsewhere. Wind energy is also cleaner than burning biomass that produces greenhouse gas emissions such as carbon gas. When using wind energy, the emission of CO<sub>2</sub> into the atmosphere is being avoided, as oil and natural gas, which are polluting forms of energy, are no longer used. An important action to be taken to implement a sustainable development model is to increase the use of renewable energy sources. Currently, wind is used to produce electricity. There are both positive and negative environmental impacts of wind energy use. It is concluded in this academic work that in order to apply the principles of sustainable development, the incentive to renewable sources, particularly to “new renewable sources”, in general, aims to meet related strategic objectives, with greater or lesser emphasis, depending on the country. , energy security, the reduction of greenhouse gases and the generation of jobs and income.

**Keywords:** Wind Energy. Sustainable development. Natural resources.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Matriz Elétrica Mundial 2016 .....	24
Figura 02 – Matriz Elétrica Brasileira 2017 .....	25
Figura 03 – Comparação de utilização de energia renovável e não renovável entre o Brasil e o Mundo .....	25
Figura 4 – Imagem ilustrativa do funcionamento de um parque eólico .....	28
Figura 5 – Imagem ilustrativa de um sistema autônomo para suprimento de energia usando aerogerador, banco de baterias e grupo gerador de diesel .....	30
Figura 6 – Imagem ilustrativa de um típico suprimento de energia com turbinas eólicas usando um reservatório de água com armazenamento de energia .....	31
Figura 7 – Parque eólico de Osório (RS, Brasil) – 150 MW .....	32
Figura 8 – Quantidade de parques eólicos por estado no Brasil .....	33
Figura 9 – Atlas do Potencial eólico do Brasil .....	34

## LISTA DE ABREVIATURAS

CFCs	Clorofluorcarbonos
CMMAD	Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento
CPDS	Comissão de Política de Desenvolvimento Sustentável
GEE	Gases de Efeito Estufa
ONG	Organização Não Governamental
ONU	Organização das Nações Unidas
PCHs	Pequenas Centrais Hidrelétricas
CGHs	Centrais Geradoras Hidrelétricas

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>2 OBJETIVOS .....</b>	<b>13</b>
<b>2.1 Objetivo Geral .....</b>	<b>13</b>
<b>2.2 Objetivos Específicos .....</b>	<b>13</b>
<b>3 METODOLOGIA .....</b>	<b>14</b>
<b>4 JUSTIFICATIVA .....</b>	<b>15</b>
<b>5 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>16</b>
<b>5.1 A evolução da conscientização ambiental, principais conferencias ambientais e desenvolvimento sustentável.....</b>	<b>16</b>
<b>5.2 Os principais problemas relacionados com a geração de energia elétrica</b>	<b>21</b>
<b>5.3 A necessidade por utilização de fontes renováveis de energia .....</b>	<b>23</b>
<b>5.4 A energia eólica .....</b>	<b>27</b>
<b>6 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>35</b>
<b>7 CONCLUSÃO .....</b>	<b>38</b>
<b>8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>40</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A energia elétrica é um dos vetores básicos de infraestrutura indispensável para o desenvolvimento humano, seja do ponto de vista global, regional ou mesmo de uma pequena população isolada. Outros vetores necessários são água e saneamento, meio de transportes e telecomunicações. Um entendimento das inter-relações entre a energia e estes outros vetores da infraestrutura com o meio ambiente e com o padrão de desenvolvimento visualizado é aspecto primordial para que ações práticas, no sentido de buscar a sustentabilidade, possam ser estabelecidas.

A disponibilidade da infraestrutura para uma determinada região é feita por meio de intervenção do homem no meio ambiente. Tais ações podem ser danosas ou benéficas, dependendo da maneira como a implementação e operação dos componentes da infraestrutura são conduzidas. Como consequência disso, ao objetivar o desenvolvimento sustentável, deve-se buscar uma integração adequada dos componentes da infraestrutura com o meio ambiente; caso contrário, os benefícios podem ser superados pelas consequências adversas da degradação ambiental. Por exemplo, um crescimento mal gerenciado no transporte pode aumentar a poluição atmosférica e diminuir os benefícios de uma política de saúde pública.

Deve-se buscar a disponibilidade de determinado componente da infraestrutura de modo consistente com a preservação ambiental e o desenvolvimento sustentável, o que requer projeto e administração adequada.

A procura de um modelo de desenvolvimento sustentável e de sua consequente implantação já acontece há algumas décadas, baseada na visão crítica da sociedade humana e impulsionada pelos diversos problemas de caráter ambiental e social, tais como o aquecimento global, o acontecimento de grandes desastres ecológicos, a existência de grandes populações que encontram-se em condições de profunda pobreza, a má distribuição da riqueza natural e humana; e o uso abusivo nos recursos naturais para a geração de energia elétrica.

Durante vários anos os agricultores serviram-se da energia eólica para bombear água dos poços usando moinho de vento. O vento também é usado em moinhos, transformando o milho em farinha. Os barcos a vela também utilizam a energia dos ventos para se locomover. Atualmente, o vento é utilizado para produzir eletricidade. A energia eólica é produzida a partir da força dos ventos e segundo

Garcez (2010) pode ser conseguida quando há ventos constantes com uma velocidade média de 10m/s e velocidade mínima de 6m/s.

Segundo Farias e Sellitto (2011) na China e na Pérsia, constam os registros mais antigos de utilização das forças dos ventos. Esses países foram os primeiros a utilizarem moinhos de vento para moer grãos e usar moinhos na irrigação bombeando água. Essa tecnologia posteriormente chegou na Europa no século XIII, onde tiveram suas aplicações aumentadas. Na Holanda melhoraram a eficiência do moinho colocando quatro pás e seu eixo de rotação foi colocado na posição horizontal.

Dado o exposto e a preocupação com os recursos naturais e a geração de energia elétrica têm-se os seguintes questionamentos: Qual o potencial para a exploração da energia eólica no Brasil? Quais são possíveis vantagens e desvantagens da utilização da energia eólica? Quais os benefícios para o meio ambiente e desenvolvimento sustentável ao se optar pelo investimento na geração de energia elétrica proveniente da matriz eólica?

São essas as questões que movem este trabalho que traz como objetivo geral avaliar o potencial para a exploração da energia eólica no Brasil, uma vez que se trata de uma fonte de energia limpa. Sendo assim o trabalho se apresenta composto por 8 capítulos, os quais nos apresentam: no capítulo 1 a introdução, no 2 os objetivos geral e específicos do trabalho, no capítulo 3 a metodologia, no 4 a justificativa, no capítulo 5 o referencial teórico onde aborda em subtítulos os seguintes assuntos: a evolução da conscientização ambiental, principais conferências ambientais e desenvolvimento sustentável; os principais problemas ambientais relacionados com a geração de energia elétrica; a necessidade por utilização de fontes renováveis de energia; a energia eólica, no capítulo 6 os resultados e discussão, no 7 a conclusão e por fim as referências bibliográficas que foram usadas para elaboração do trabalho.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Este trabalho tem por objetivo geral avaliar o potencial para a exploração da energia eólica no Brasil.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Identificar e apresentar as possíveis vantagens e desvantagens da utilização da energia eólica;
- Identificar os benefícios para o meio ambiente e desenvolvimento sustentável ao se optar pelo investimento na geração de energia elétrica proveniente da matriz eólica.

### **3 METODOLOGIA**

Uma ação importante a ser tomada com vistas à implantação de um modelo sustentável de desenvolvimento é o aumento do uso das fontes renováveis de energia. A geração elétrica a partir da energia eólica tem aumentado significativamente em termos mundiais, principalmente por causa do custo atrativo e pelo baixo impacto ambiental que ela provoca. Além disso a energia eólica pode contribuir para alavancar o desenvolvimento sustentável no Brasil.

Este trabalho acadêmico utilizou a pesquisa bibliográfica como procedimento técnico, por explicar um problema a partir de referências teóricas publicadas em documentos (CERVO e BERVIAN, 1996). A fim de que a partir da teoria se tenha uma visão da realidade abordada.

Como fontes bibliográficas foram utilizados neste trabalho acadêmico, pesquisas em livros físicos e digitais; artigos científicos; e portais eletrônicos relacionados ao assunto.



#### 4 JUSTIFICATIVA

Este trabalho possui relevância para a sociedade por demonstrar a funcionalidade da energia eólica e conscientiza acerca da importância da utilização das energias renováveis.

Em relação à importância pessoal para o autor, este trabalho de cunho acadêmico visa propiciar conhecimento técnico para ser usado na sua vida profissional. Pretende mostrar também que cada indivíduo em sua respectiva área de atuação deve com seu conhecimento adquirido, melhorar o mundo em que vive.

Este trabalho tem relevância legal por tratar-se de um requisito obrigatório para a conclusão do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Rede de Ensino Doctum para obtenção do grau de Engenheiro Ambiental e Sanitarista.

Existem impactos sociais benéficos e adversos da utilização da energia eólica. Referente aos principais impactos sociais benéficos podemos citar a disponibilidade de energia em locais de difícil acesso a rede pública de energia, fonte de energia com bom custo-benefício, geração de empregos para a população local na instalação e operação do parque eólico e as propriedades onde são instaladas as torres podem continuar a ser utilizadas tanto para agricultura como pecuária. Agora referente aos principais pontos negativos da utilização da energia eólica podemos citar impacto visual e sonoro considerável para os moradores ao redor.

## 5 REFERENCIAL TEORICO

### 5.1 A evolução da conscientização ambiental, principais conferências ambientais e desenvolvimento sustentável

Desde o início da civilização a humanidade tem causado alterações no meio ambiente. Para Philippi, Romero e Bruna (2004) ao conseguir dominar o fogo, o homem começou a manipular e transformar os meios naturais. Até então esse tipo de transformação era de pequena escala, porém elas começaram a ser maiores com a Revolução Agrícola, visto que o homem deixou de ser nômade e parou de ter como uma das únicas formas de subsistência a caça, começando a fixar seus abrigos e a plantar, ampliando inclusive seu potencial em desmatar áreas.

Segundo Moreira (2001, p.23) "É muito comum o pensamento em nosso meio civilizado de que o meio ambiente é tudo aquilo que cerca o homem, ou seja, o homem não faz parte dele". Devido a esse tipo de pensamento, os homens começaram a usar abusivamente dos recursos naturais, gerando assim consequências catastróficas para a saúde pública e o meio ambiente.

No século XIX, a Revolução Industrial veio a agravar o uso indiscriminado dos recursos naturais, por meio da produção em larga escala. Os resíduos provenientes das indústrias eram proporcionais ao aumento da produção do sistema econômico capitalista que se instalara.

Com a produção em larga escala, na Revolução Industrial, os recursos naturais foram cada vez mais, sendo utilizados de forma indiscriminada. Os resíduos que as indústrias geravam seguiam o aumento da produção que o capitalismo impunha.

Durante muitos anos, o desenvolvimento econômico decorrente da Revolução Industrial impediu que os problemas ambientais fossem sequer considerados. A poluição era visível, mas o benefício advindo do progresso a tornava um mal necessário, algo com que se resignar (MOREIRA, 2001, p.23).

Com a preocupação ambiental surgindo no meio mundial, no ano de 1968 é realizada pela primeira vez internacionalmente uma reunião no Clube de Roma, cujo o objetivo principal era de prevenir as pessoas dos possíveis riscos da utilização de recursos naturais limitados para um crescimento econômico contínuo (VALLE, 1995).

O Clube de Roma atualmente é uma organização não governamental (ONG), sendo criado em 1968 por uma equipe de 30 profissionais entre diplomatas,

empresários, cientistas, educadores e funcionários governamentais de dez países que se reuniam para discutir temas relativos à política, economia internacional e principalmente sobre meio ambiente e desenvolvimento sustentável.

No ano de 1972, na cidade de Estocolmo, aconteceu a primeira conferência internacional realizada pela Organização das Nações Unidas (ONU), sobre o meio ambiente. Assim os anos 1970 ficaram conhecidos como a década do controle e da regulamentação do meio ambiente.

Após a Conferência de Estocolmo sobre o Meio Ambiente, em 1972, as nações começaram a estruturar seus órgãos ambientais e estabelecer suas legislações, visando ao controle da poluição ambiental. Poluir passa então a ser crime em diversos países (VALLE, 1995, p.2).

A década de 1980 é encerrada com uma preocupação do mundo com a preservação do meio ambiente. De acordo com Valle (1995) essas preocupações globais com o meio ambiente podem ser vistas em duas evidências. O protocolo de Montreal é uma delas, tendo sido criado em 1987, esse protocolo bane os CFC's (o cloro – flúor – carbonos), utilizados em aparelhos refrigeradores e contribuintes para a destruição da camada de ozônio e determina um prazo para que seja substituída, a outra foi um documento muito importante, o Relatório da CMMAD - Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento.

Nesta Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, criada pela ONU em 1987, foi apresentado o relatório "Nosso Futuro Comum" em que nele define-se um novo conceito de desenvolvimento denominado, desenvolvimento sustentável. Segundo o referido relatório "desenvolvimento sustentável é aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem a suas próprias necessidades" (COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO, 1988, p.46).

De acordo com Valle (1995) em 1989 a Europa assina um acordo internacional devido à preocupação com o transporte de resíduos em suas fronteiras. Na cidade de Basileia na Suíça, foram estabelecidas algumas regras de transporte para controlar as exportações e importações de resíduo, proibindo também o descarte de resíduos perigosos em países menos desenvolvidos, pois, esses países não teriam condições de conduzir os resíduos para destinação final, devido à falta de tecnologia.

Na década de 1990, a consciência acerca da preservação do meio ambiente já está bem difundida. Diante a preocupação com as matérias-primas não renováveis, a racionalização do uso da energia, a reciclagem e a minimização e controle do

desperdício dos resíduos criou uma abordagem muito difundida hoje em dia, a Qualidade Ambiental.

No século XX, houve um encontro de 175 países e organizações não governamentais (ONGs) no Rio de Janeiro que foi considerado o evento mais importante do século chamada de Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (ECO- 92). Essa conferência aprovou uma série de documentos e acordos entre os países fazendo com que a relação entre os países ricos e pobres fossem guiados por novos princípios que favoreciam a sustentabilidade do meio ambiente.

Como documento de destaque, pode ser citada a Agenda 21, definida como um plano de ação internacional no intuito de orientar um novo padrão de desenvolvimento no século 21. A Agenda 21 brasileira é coordenada pela Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentáveis (CPDS), ela foi construída entre 1996 e 2002 e teve participação de cerca de 40 mil pessoas do Brasil.

A Agenda 21, uma das principais contribuições dessa fase, apresenta recomendações específicas para os diferentes níveis de atuação, do internacional ao organizacional (sindicatos, empresas, ONGs, instituições de ensino e pesquisa, etc.) sobre assentamentos humanos, erradicação da pobreza, desertificação, água doce, oceanos, atmosfera, poluição e outras questões socioambientais constantes em diversos relatórios (BARBIERI, 2007, p.37).

Em 1997, no Japão, foi realizada uma importante conferência sobre o clima, que teve como marco principal a confecção e assinatura do Protocolo de Kyoto. Segundo Moreira (2001) muitos países, incluindo o Brasil, aderiram a esse protocolo que propôs a redução contínua dos níveis de emissão de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), porém alegando que tal protocolo atrapalha o crescimento econômico interno, alguns países criaram resistência, não assinando o acordo.

A conferência das Nações Unidas sobre Ambiente e Desenvolvimento, conhecida como Conferência de Joanesburgo ou Rio+10, foi realizada dez anos após a rio 92, reafirmando a necessidade de se buscar o desenvolvimento sustentável. A Rio+10 foi realizada em Joanesburgo, África do Sul, entre os dias 2 e 4 de setembro de 2002. Dez anos mais tarde, em 2012, foi realizada na cidade do Rio de Janeiro a Rio+20 cujo o objetivo estava em avaliar os resultados da Rio+10.

O capítulo VI do Art. 225 da Constituição Federal /88 afirma que:

Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.

No Brasil, algumas leis tiveram importância fundamental no Direito Ambiental por terem sido marcos legais que mudaram a forma de agir e pensar da sociedade brasileira. Como exemplo, podemos citar o Código Florestal (Lei nº 4.771/1965); a Lei de Proteção à Fauna (Lei nº 5.197/1967); a Política Nacional de Meio Ambiente (Lei nº 6.938/1981) que trouxe muito dos princípios da Conferência de Estocolmo; e a Constituição Federal de 1988.

Em Copenhague na Dinamarca em 2009 foi realizada a Conferência das Partes sobre o Clima foi executada pela convenção-quadro das nações unidas sobre mudança climática, que teve como objetivos discutir alternativas para enfraquecer o aquecimento global, sendo apontando por cientistas um cenário que temperatura do planeta não poderia aumentar mais que 2°C acima dos níveis pré-industriais, até o final do século.

Em 2015 na 21ª Conferência das Partes, realizada em Paris na França, foi adotado o acordo de Paris, aprovado por 195 países, no qual estão em acordo para diminuir a emissão de gases de efeito estufa (GEE). O acordo acontece no sentido de manter um empenho para que não haja aumento da temperatura global acima de 1,5°C, acima das temperaturas pré-industriais.

Para que o desenvolvimento seja sustentável é necessário que se acrescente a sustentabilidade social e ambiental à sustentabilidade econômica. Sachs (2004, p. 15) afirma que a sustentabilidade ambiental:

[...] nos compele a trabalhar com escalas múltiplas de tempo e espaço, o que desarruma a caixa de ferramentas do economista tradicional. Ela nos impele ainda a buscar soluções triplamente vencedoras, eliminando o crescimento selvagem obtido ao custo de elevadas externalidades negativas, tanto sociais quanto ambientais.

Ainda de acordo com Sachs (2004) segundo o Relatório Brundtland, escrito em 1987, mais conhecido como “Nosso Futuro Comum”, desenvolvimento sustentável pode ser definido como o desenvolvimento capaz de suprir as necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprirem as suas. O desenvolvimento sustentável tem por base um tripé que deve ser levado em consideração para o atendimento dos objetivos e metas sustentáveis, sendo eles: o ambiental; social; e econômico.

Os maiores desafios ambientais que a humanidade terá que enfrentar nos próximos anos está relacionado à geração de resíduos sólidos, ao desmatamento, à expansão agropecuária, à urbanização e à poluição.

O número de cidades com mais de 10 milhões de habitantes cresceu 110%. Esses centros de alta densidade populacional demandam maiores recursos, energia e infraestrutura, além de criarem problemas complexos de caráter ambiental, econômico e social. As emissões globais de gases causadores do efeito estufa continuam a crescer por conta do uso de combustíveis fósseis, potencializando o aumento da temperatura média do planeta (ALENCASTRO, 2012, p.32).

O Desenvolvimento Sustentável, enquanto princípio visa melhorar o bem-estar do homem, tanto como indivíduo, como coletividade. O bem-estar e a qualidade de vida estão inseridos nos princípios do Direito Ambiental, de forma que o Desenvolvimento deve considerar a variável ambiental, não podendo ser considerado apenas o desenvolvimento econômico.

Nesse cenário do desenvolvimento sustentável, além da atuação crescente das empresas privadas, que internalizaram a importância da sustentabilidade até como fator de competitividade, é cada vez mais importante e crescente o papel da sociedade civil organizada, que se constitui aos poucos como um caminho bastante eficiente para exercer pressões voltadas para mudanças de modelo. Os valores que sustentam o paradigma de desenvolvimento ainda vigente na sociedade atual dão exagerada ênfase no crescimento econômico, o que frequentemente implica a exploração descontrolada dos recursos naturais no uso de tecnologias de larga escala e no consumo desenfreado, cujos resultados apresentam fortes aspectos ecologicamente predatórios, socialmente perversos e politicamente injustos (CALDAS, 2016, p. 121).

Esses valores têm causado grandes desastres ecológicos, disparidades e desintegração social, falta de perspectivas futuras e marginalização de regiões e pessoas, terrorismo, guerras locais, crescimento e fortalecimento do tráfico de drogas e armas, violência urbana e outros aspectos de desagregação humana e degradação ambiental.

Segundo Barbieri (2007) a implantação de um modelo de desenvolvimento, embasado na sustentabilidade, deve ter em consideração um paradigma que englobe dimensões políticas, econômicas, sociais, tecnológicas e ambientais, e que sirva como base para a busca de soluções de caráter amplo para o desenvolvimento das populações mundiais. Um suporte básico do novo paradigma é, portanto, a visão sistêmica do trajeto humano. Essa visão sistêmica possibilita uma maior tolerância de ideias, já que demanda uma abordagem multidisciplinar, onde ciências naturais e do comportamento se fertilizam na busca de um equilíbrio dinâmico e harmônico.

Faz-se necessário considerar também, como ficou claro nas discussões globais, que os problemas ambientais estão diretamente associados aos problemas da pobreza, como o atendimento às necessidades básicas de alimentação, saúde e moradia. É necessário rever os sistemas de produção quanto à escolha, ao

gerenciamento e à utilização dos recursos naturais, bem como quanto ao processo de inovação tecnológica.

De acordo com Reis (2005, p. 72) “a solução para as questões ambientais tem que ser encontrada dentro de um contexto amplo, no qual aspectos sociais, econômicos e políticos precisam também ser revistos”. Grande parte dessas questões está contida no conceito de equidade, valorizado ao longo das discussões globais e que atualmente é parte inseparável do padrão de desenvolvimento sustentável.

A energia elétrica é um dos vetores básicos de infraestrutura indispensável para o desenvolvimento humano, seja do ponto de vista global, regional ou mesmo de uma pequena população isolada. Outros vetores necessários são água e saneamento, meio de transportes e telecomunicações. Um entendimento das inter-relações entre a energia e estes outros vetores da infraestrutura com o meio ambiente e com o padrão de desenvolvimento visualizado é aspecto primordial para que ações práticas, no sentido de buscar a sustentabilidade, possam ser estabelecidas.

## **5.2 Os principais problemas relacionados com a geração de energia elétrica**

A poluição do ar, principalmente em grandes centros urbanos é um dos problemas recentes mais visíveis. Está principalmente relacionado à queima do carvão mineral e dos derivados de petróleo na indústria, no transporte e na geração de eletricidade. De acordo com Valle (1995) os principais poluentes do ar são os óxidos de enxofre (SO<sub>x</sub>), óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), monóxido de carbono (CO), ozônio e materiais particulados.

As quantidades dependerão das características específicas de cada tecnologia e do tipo de combustível utilizado (gás natural, carvão, óleo, madeira, entre outros). Há também problemas de poluição do ar em ambientes fechados, em razão das emissões de monóxido de carbono causadas pela queima dos derivados da biomassa durante atividades domésticas nas áreas rurais dos países em desenvolvimento. A concentração desses poluentes na atmosfera tem causado inúmeras doenças, como bronquites crônicas, ataques de asma, rinite alérgica, entre outras doenças respiratórias e cardíacas.

A chuva ácida refere-se ao efeito da poluição causada por reações ocorridas na atmosfera quando acontece associação de água com o dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>) e os óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>), formando o ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) e o ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>). Ao serem depositados nos solos, esses ácidos têm

efeitos bastante negativos na vegetação e estruturas (prédios e monumentos), efeito conhecido como precipitação seca, e são dissolvidos na chuva e levados até os lençóis freáticos e rios, efeito conhecido como precipitação úmida. A ingestão de água ou alimentos contaminados pela chuva ácida é um dos causadores de problemas neurológicos no ser humano. A chuva ácida é um problema sem fronteiras, uma vez que os ácidos podem ser carregados pelo vento a distâncias superiores a 1.000 km. A queima do carvão mineral é um dos grandes causadores da chuva ácida na Europa, Estados Unidos e países asiáticos, que são grandes consumidores desse combustível (PHILIPPI; SAMPAIO; FERNANDES, 2017, p. 58).

O efeito estufa e as alterações climáticas recorrentes se devem à alteração ocorrida na intensidade da radiação térmica emitida pela superfície da Terra, pelo fato do aumento da concentração de gases de efeito estufa na atmosfera. Segundo Reis (2011, p. 64) “o efeito estufa é um fenômeno natural que permite manter a Terra em uma temperatura favorável à existência biológica”. No entanto, o aumento da quantidade de gases, provenientes principalmente da queima de combustíveis fósseis, tem ampliado esse efeito. O dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) é o mais significativo e preocupante entre os gases emitidos, em consequência das quantidades emitidas e da longa duração de seus efeitos na atmosfera. Outros gases são o metano e os clorofluorcarbonos - CFCs.

O desmatamento e a desertificação são problemas ambientais mais antigos. As florestas vêm sendo devastadas há setecentos anos, inicialmente na Europa; atualmente boa parte das florestas tropicais estão ameaçadas. A destruição das florestas pode ser causada pela poluição do ar, urbanização, construção de usinas hidrelétricas, expansão da agricultura, extração de madeira, queimadas e também pela degradação da terra em áreas áridas, semiáridas e subúmidas secas, em função do impacto humano adverso relativo ao cultivo e práticas agrícolas impróprias fazendo um mau uso do solo, assim como ao desflorestamento.

A destruição de florestas por queimadas tem um duplo efeito ambiental, pois emite dióxido de carbono e ao mesmo tempo reduz a quantidade de água evaporada do solo e produzida pela transpiração das plantas, afetando o ciclo das chuvas. O desflorestamento tem influência no aquecimento global, já que as florestas possuem poder de absorção de carbono (REIS, 2005, p. 46).

A degradação marinha e costeira, assim como a que ocorre em lagos e rios, vem de materiais poluentes como: esgotos sanitários e industriais, lançados sem tratamento nos cursos de água, que são causa de cerca de 75% desse tipo de degradação. O restante é causado por vazamentos provenientes da navegação, mineração e produção de petróleo.



O alagamento ou perda de áreas de terras cultiváveis ou de localidades com valor histórico, cultural e biológico está relacionado principalmente a construção de barragens e reservatórios, os quais são formados com finalidades de navegação, saneamento básico, irrigação, lazer e geração de eletricidade. O alagamento de áreas para implantação de hidrelétricas acarreta emissão de monóxido de carbono, em função da decomposição da madeira que foi coberta pela água, alteração no ecossistema aquático, erosão nas margens dos lagos, alterações nos lençóis freáticos e cursos de rios. As hidrelétricas causam, além dos problemas ambientais, impactos sociais associados ao reassentamento de populações.

A contaminação radioativa é resultante do beneficiamento de urânio empregue em grande parte nas usinas nucleares para geração de eletricidade. O resíduo liberado pelas usinas, denominado como lixo atômico, se não for bem acondicionado, pode se tornar um grande problema, uma vez que sua vida é longa. A segurança da usina contra vazamentos radioativos é um fator primordial, já que vazamentos nucleares contaminam o ambiente e causam mortes imediatas e doenças graves.

### **5.3 A necessidade por utilização de fontes renováveis de energia**

Uma ação importante a ser tomada com vistas à implantação de um modelo sustentável de desenvolvimento é o aumento do uso das fontes renováveis de energia. Segundo Reis (2005) as fontes primárias usadas para a produção da energia podem ser classificadas em não renováveis e renováveis.

São consideradas fontes não renováveis aquelas passíveis de se esgotar por serem utilizadas com velocidade bem maior que os milhares de anos necessários para sua formação. Nessa categoria, estão os derivados de petróleo, os combustíveis radioativos (urânio, tório, plutônio etc.), a energia geotérmica e o gás natural (2005, p.78).

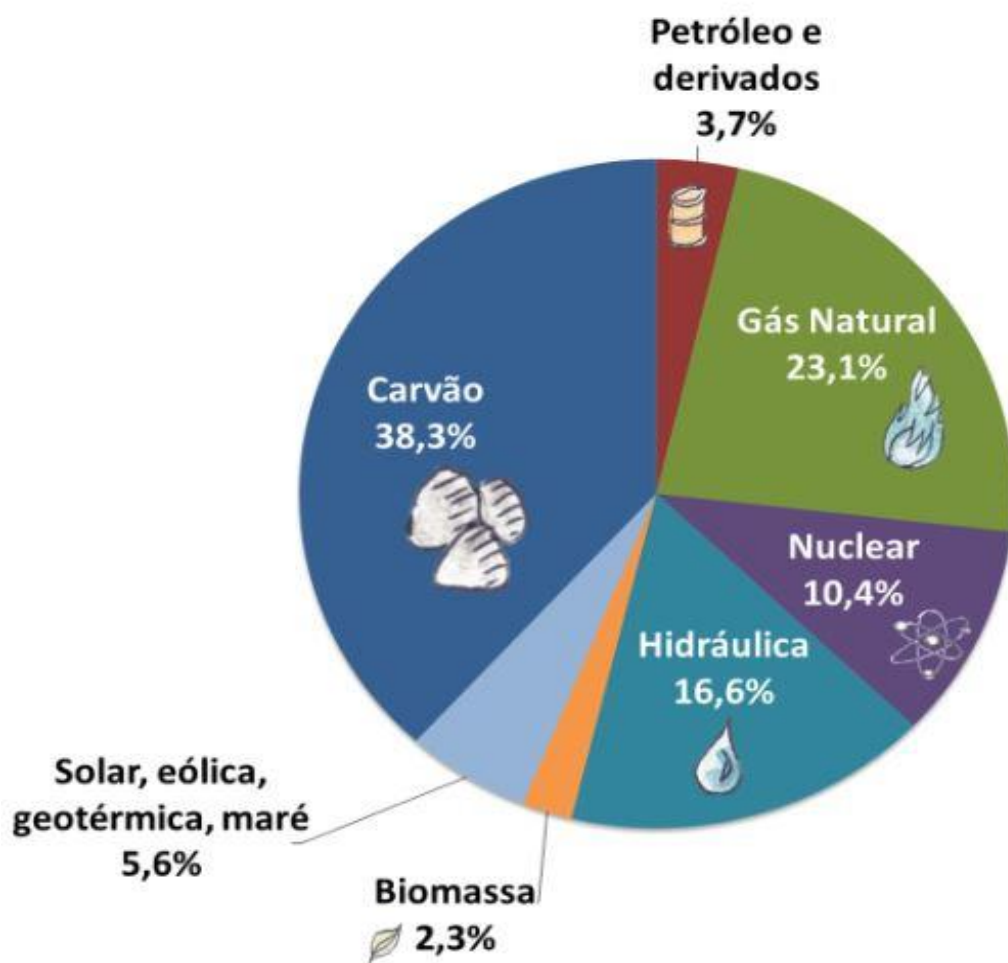
Atualmente, a utilização dessas fontes para produzir energia pode se dar por meio de uma única transformação da fonte primária em algum tipo de energia, como a térmica, por exemplo, por meio de combustão, fissão ou processos geotérmicos. De outra maneira, pode se dar por meio de uma cadeia de transformações, como é o caso da eletricidade produzida por geração termelétrica, obtida pela transformação da energia térmica em energia mecânica e, depois, em energia elétrica.

Ainda de acordo com Reis (2005) fontes renováveis de energia são aquelas cuja reposição pela natureza é mais rápida do que sua utilização para a geração de

eletricidade, como as águas dos rios, marés, sol, ventos, ou cujo manejo pelo homem pode ser efetuado de forma compatível com as necessidades de sua utilização energética, como a biomassa, cana-de-açúcar, florestas energéticas, resíduos animais, humanos e industriais. Tais fontes podem ser usadas para produzir eletricidade principalmente através de usinas hidrelétricas (água), eólicas (vento), solares fotovoltaicos (sol, diretamente) e também centrais termelétricas (sol, indiretamente, gerando vapor e biomassa renovável).

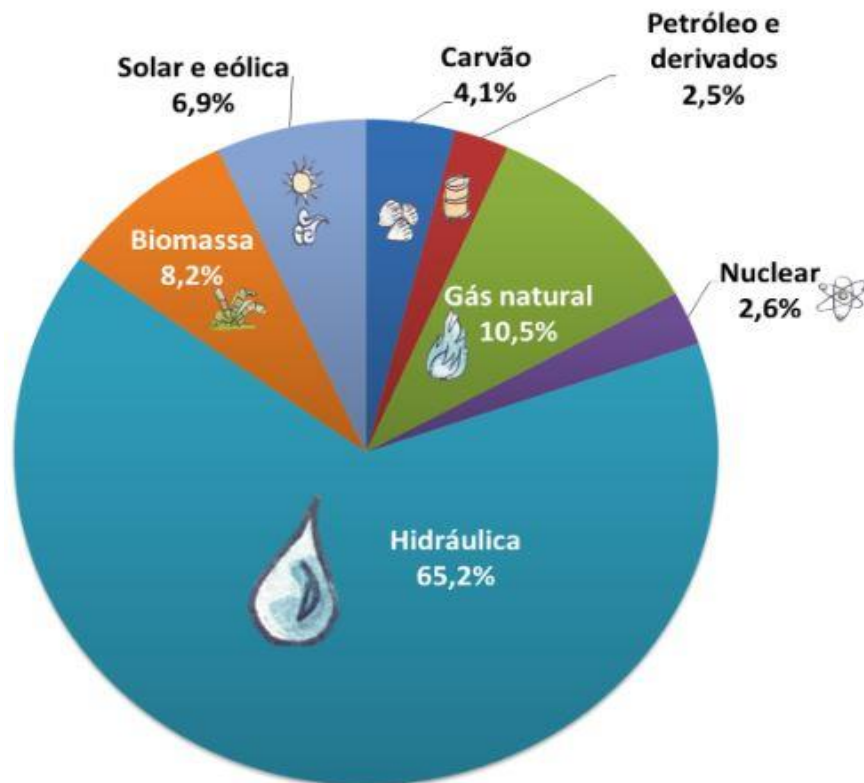
A matriz elétrica brasileira em comparação com a mundial e mais renovável, sendo a fonte hidráulica a mais utilizada no país para a geração de energia elétrica, enquanto no restante do mundo a maior parte da energia gerada vem de combustíveis fósseis que são fontes de energia consideradas não renováveis. As figuras 1 e 2 apresenta as matrizes elétrica mundial e brasileira, é a figura 3 a comparação de utilização de energia renovável entre o Brasil e o Mundo.

Figura 01 – Matriz Elétrica Mundial 2016



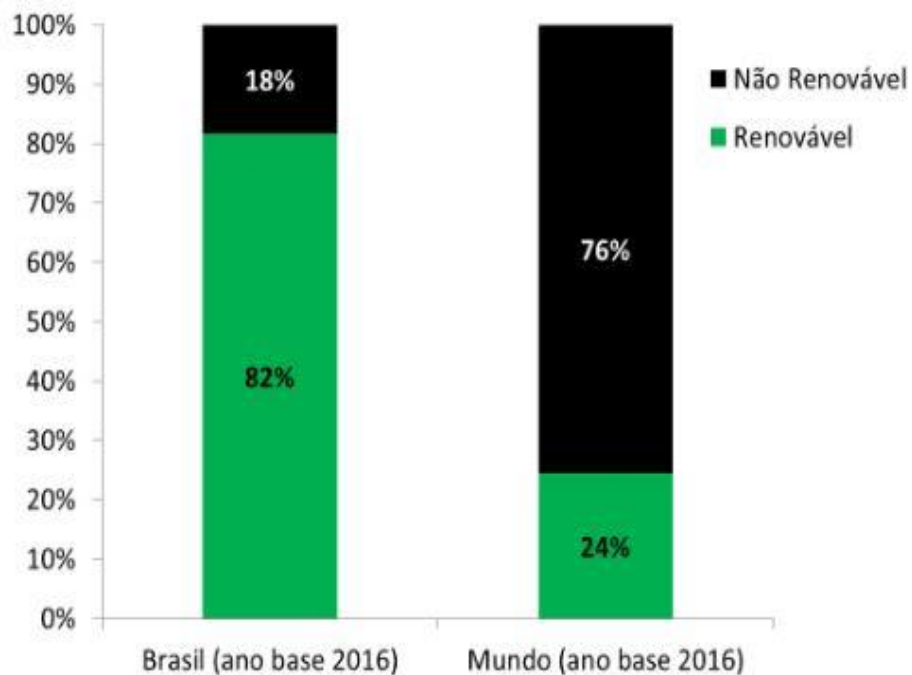
Fonte: Empresa de Pesquisa Energética (2017)

Figura 02 – Matriz Elétrica Brasileira 2017



Fonte: Empresa de Pesquisa Energética (2017)

Figura 03 – Comparação de utilização de energia renovável e não renovável entre o Brasil e o Mundo.



Fonte: Empresa de Pesquisa Energética (2017)

No caso do Brasil, a maior utilização das fontes não renováveis se dá no setor de transportes, fortemente baseado na utilização dos derivados de petróleo, embora o país apresente a experiência precursora e bem-sucedida de utilização do álcool, fonte renovável a partir da cana-de-açúcar (biomassa).

O setor industrial também apresenta uma razoável utilização de fontes não renováveis. Por outro lado, a grande fonte de energia elétrica no início do século XXI, no Brasil, é a geração hidrelétrica, o que deve ainda perdurar por um longo tempo graças ao grande potencial ainda disponível. No entanto, é necessário precaução quando se reflete acerca dos diferentes números apresentados para esse potencial, uma vez que eles não consideram o efeito da legislação ambiental sobre os projetos potenciais (MOREIRA, 2001, p. 106).

As novas tecnologias renováveis para geração de energia elétrica mais relevantes no momento, em função da maior possibilidade de utilização em curto prazo, são a energia eólica e a solar, que têm sido empregadas tanto para suprimento de sistemas isolados como para funcionamento em paralelo com um sistema elétrico de potência.

No caso dos sistemas isolados, tais modelos de energia competem, normalmente, com a extensão da rede elétrica, sendo muitas vezes mais vantajosas. Assim, seu uso tem sido bastante usado para abastecimento de comunidades afastadas dos grandes centros, ilhas e localidades de difícil acesso. Segundo Garcez (2010, p. 125) sua aplicação em paralelo com a rede, por outro lado, fica bastante vinculada a aspectos econômicos e tecnológicos. Resumidamente, a geração eólica, embora apresente baixos custos de implantação, nem sempre é possível pelas características disponíveis de vento; por outro lado, a geração solar apresenta altos custos de implantação.

Com relação à geração solar fotovoltaica, e relevante frisar que seus custos de acordo com Garcez (2010, p. 186) “[...] poderão apresentar uma significativa redução quando esse tipo de geração se tornar mais disseminado, em virtude do fator de escala, uma vez que a disponibilidade de sol é praticamente universal”. A procura de uma utilização integrada mais eficiente da energia elétrica, a utilização de painéis solares fotovoltaicos individualizados em residências e prédios, associado a sistemas de automação operando em paralelo com a rede, tem sido objeto de diversos projetos-piloto. No futuro, o uso maciço dessa forma de produção de energia, em locais mais desenvolvidos, será uma realidade.

A geração elétrica a partir da energia eólica tem aumentado significativamente em termos mundiais, principalmente por causa do custo atrativo. Segundo Fadigas (2011) grandes fazendas eólicas podem ser encontradas, por exemplo, nos Estados Unidos, Alemanha, Dinamarca, Espanha, entre outros países.

No Brasil, já estão em funcionamento e em fase de expansão centrais eólicas no litoral do Ceará, Rio Grande do Norte, Rio Grande do Sul, Piauí e no interior dos estados do Paraná e Minas Gerais. Por meio do Proinfa houve grandes incentivos e avanços na instalação de projetos de energia eólica no Sistema Elétrico Brasileiro, havendo, em agosto de 2009, um total de 548 MW em potência instalada, o que correspondia a 0,52% da potência instalada no país (FADIGAS, 2011, p. 213).

Já o uso da energia solar para geração de energia elétrica pode se dar de duas maneiras, segundo Reis (2011):

- indiretamente, pelo uso do calor para gerar vapor que, expandido em sua turbina a vapor, acionará um gerador elétrico, em uma central termelétrica;
- diretamente, pelo uso de painéis fotovoltaicos.

Apesar de haver centrais de porte razoável, principalmente nos Estados Unidos, o uso da energia solar para geração termelétrica ainda tem pouca aplicação. Já a geração solar fotovoltaica, ainda que seja de menor porte, tem tido muito mais aplicação, não só em países desenvolvidos (Estados Unidos, Japão, Alemanha), como também nos países em desenvolvimento, principalmente para a alimentação de pequenos sistemas isolados, em projetos-piloto e na eletrificação de equipamentos solitários – radares, retransmissores de micro-ondas etc (SACHS, 2004, p. 87).

Embora seu valor ainda não seja convidativo, está diminuindo devido ao desenvolvimento tecnológico e massificação do seu uso. Em longo prazo, a geração solar fotovoltaica pode ser apontada como uma forma não convencional bastante atraente de geração de eletricidade para o Brasil e para o mundo. No Brasil, em virtude de seu elevado custo de instalação, sua utilização se limita a projetos de pequeno porte, para alimentar sistemas isolados, áreas de reservas ambientais, ou projetos-piloto, interligados ou não à rede elétrica, para elaboração de pesquisas.

#### **5.4 A energia eólica**

A energia eólica é produzida a partir da força dos ventos e segundo Garcez (2010) pode ser conseguida quando há ventos constantes com uma velocidade média de 10m/s e velocidade mínima de 6m/s.

O vento forte pode rodar as pás de uma turbina adaptada para o vento. Turbina em um sistema de geração de energia elétrica é um aerogerador que capta a energia do vento e a transforma em eletricidade. Há um sistema de freios para controlar e manter constante a velocidade do rotor. A turbina é ligada a um eixo central rotativo. Este eixo chega até uma caixa de transmissão onde a velocidade de rotação é aumentada, então, o gerador ligado ao transmissor produz energia elétrica.

Figura 4 – Imagem ilustrativa do funcionamento de um parque eólico.



Fonte: Garcez (2010, p. 12)

Um parque eólico é um espaço territorial onde estão concentrados vários aerogeradores destinados a transformar energia eólica em energia elétrica. Um dos problemas deste sistema de produção elétrica é que o vento não sopra com a mesma intensidade nem a mesma direção o ano todo, ele é mais intenso no verão quando o ar se movimenta do interior quente para o litoral mais fresco. Outra limitação é o fato de o vento ter que atingir uma velocidade superior a 6m/s para girar a turbina suficientemente.

Mesmo com estes problemas elencados, a produção de energia eólica é mais sustentável que as hidrelétricas, por exemplo, que alagam e deslocam moradores ribeirinhos e a fauna para outros lugares. A energia eólica é também mais limpa que a queima de biomassa que produz a emissão de gases do efeito estufa como o gás

carbono, por exemplo. Quando utilizamos energia eólica estamos evitando a emissão de CO<sub>2</sub> na atmosfera, pois deixamos de usar o petróleo e o gás natural, que são formas de energia poluentes.

O parque eólico brasileiro está se ampliando rapidamente. Hoje, o maior parque eólico do Brasil fica no Ceará e produz 15 mil KW de potência. Os estados de Piauí, do Rio Grande do Norte, da Paraíba, de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul também exploram a potência dos ventos para produzir energia elétrica. Os países que mais investem em energia eólica são: Estados Unidos, Alemanha, Dinamarca, Rússia e Índia (GARCEZ, 2010, p. 13).

Observa-se que as considerações relacionadas com a aplicação das turbinas eólicas incluem principalmente os aspectos operacionais e de localização. A operação de turbinas eólicas em parques eólicos de grande porte, seja em instalações em terra, seja em instalações no mar, cria diferentes condições organizacionais e econômicas comparada com a operação de poucas turbinas distribuídas pelas redes de forma mais dispersa.

Em locais remotos onde a extensão da rede elétrica convencional ainda é uma alternativa cara, fontes autônomas de energia, a exemplo de um pequeno aerogerador associado à um banco de baterias, apesar de custo elevado, constitui-se em outra alternativa. O uso de turbinas para alimentar cargas isoladas se depara com algumas questões (FADIGAS, 2011, p.198):

- Consumo de energia em corrente alternada (CA): o uso de um pequeno aerogerador com inversor é uma solução mais custosa e complexa e que só se justifica se a extensão da rede for mais cara. O uso da energia em corrente contínua (CC), mesmo em áreas remotas, é menos utilizado, pois grande parte dos eletrodomésticos funciona em CA.
- Em virtude da natureza dos ventos, uma energia firme não pode ser suprida sem o uso de um sistema de armazenamento de energia. Em locais isolados existem algumas opções de armazenamento. Uma delas é usar a água como fonte de armazenamento. Não sendo o caso, baterias elétricas, que também são caras, são usadas para garantir segurança no suprimento. Outra solução adotada é o suprimento por meio de um sistema híbrido, ou seja, sistema composto por mais de um tipo de fonte de energia, incluindo, na maioria dos casos, um gerador diesel como back-up;
- Suprimento limitado: tendo em vista a utilização de uma alternativa cara como, turbina, baterias e inversor, o fornecimento é limitado para atender as necessidades básicas essenciais. O consumidor tem que estar ciente e aceitar essa condição.

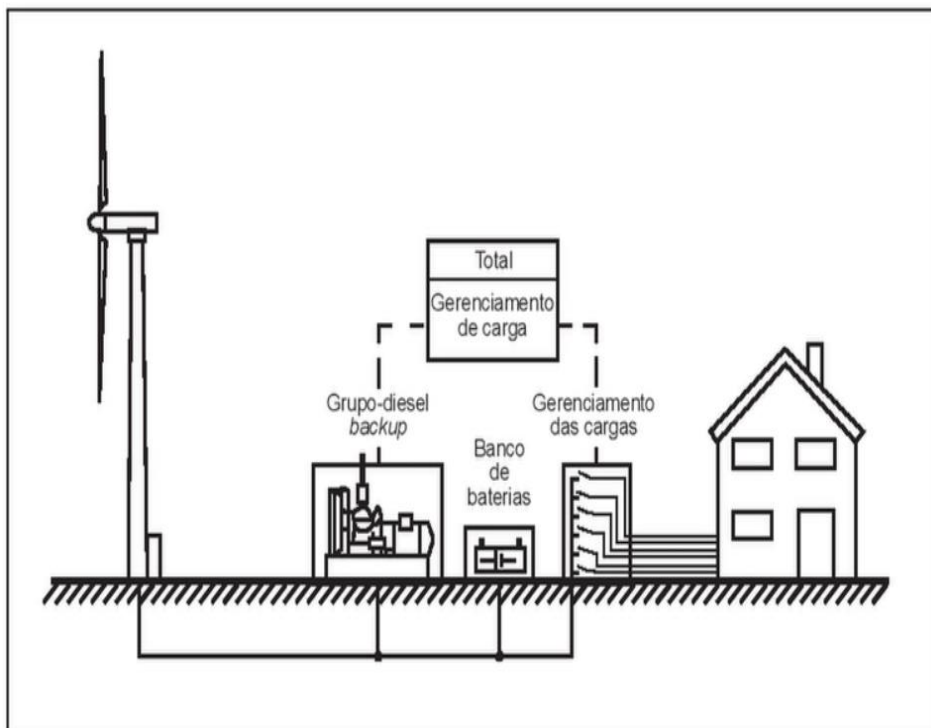
Os anseios de um consumidor que está em uma área isolada não são diferentes do que habita em uma área urbana servida pela rede elétrica. Da mesma forma, ele quer ter toda a energia necessária no momento do consumo sem interrupção no fornecimento. Ao se utilizar apenas a energia eólica como fonte de energia, é imperativo o uso de um sistema de armazenamento de energia.

A necessidade de uso de um sistema de armazenamento é um problema típico quando se usam fontes intermitentes de energia. Mesmo hoje em dia, todos os métodos usados para armazenar energia possuem uma capacidade limitada e as tecnologias ainda são caras. Existem vários métodos para se armazenar energia, em que, em seguida serão citados os mais discutidos e associados ao uso da energia eólica.

O armazenamento de energia mecânica utiliza o aerogerador que é uma máquina que, primeiramente, converte energia cinética em mecânica e depois converte essa energia mecânica em elétrica. Portanto, um dos meios de armazenar energia seria na forma mecânica. A segunda possibilidade que se tem é armazenar a energia elétrica gerada por um aerogerador de um banco de baterias. Apesar de suas inúmeras vantagens, ainda é um elemento crítico no sistema em função do seu preço e capacidade de armazenamento limitada. Se o custo não for um problema, as baterias têm a vantagem de serem modulares e múltiplas baterias podem ser arranjadas formando um banco com autonomia para vários dias. Como informado, dependendo da demanda por energia, estar atrelado apenas às baterias para ter uma energia firme pode elevar o custo do sistema. Para tanto, é comum acrescentar ao sistema um grupo gerador diesel que funciona como energia de backup (MENEZES, 2015, p. 105).

A imagem a seguir apresenta um sistema autônomo de suprimento de energia elétrica usando um aerogerador, um banco de baterias e um grupo gerador diesel.

Figura 5 – Imagem ilustrativa de um sistema autônomo para suprimento de energia usando aerogerador, banco de baterias e grupo gerador de diesel.



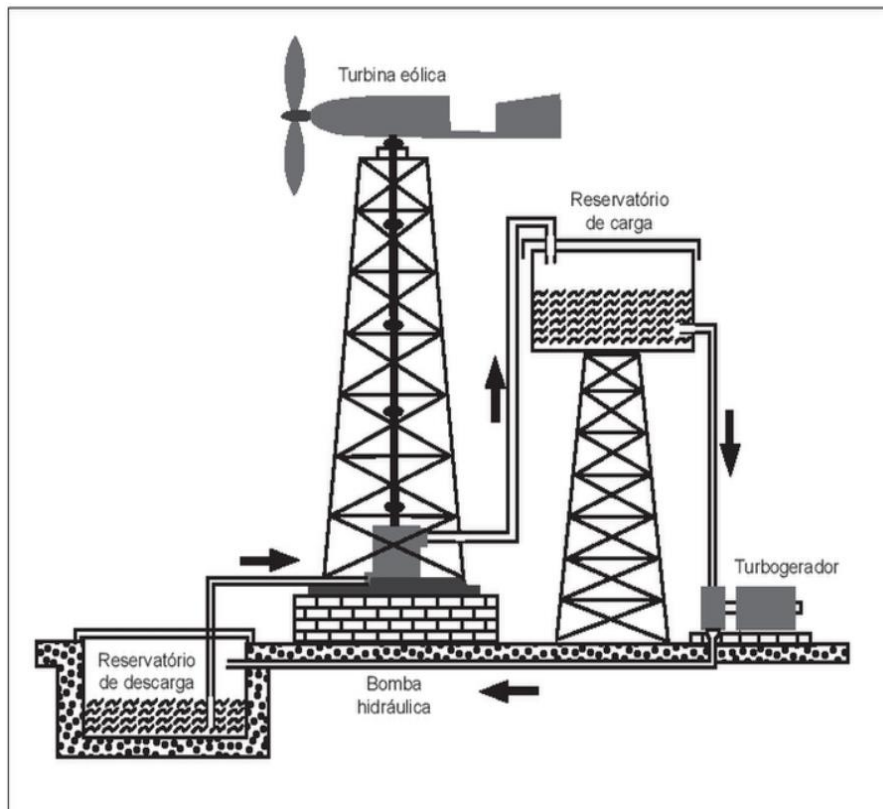
Fonte: Fadigas (2011, p. 202)



Segundo Fadigas (2011) o armazenamento hidráulico é o método mais antigo de armazenar energia e é, ainda hoje, o que mais pode ser usado economicamente sob certas circunstâncias. A água armazenada em um reservatório oferece a melhor condição para armazenar o excedente de energia gerada por turbinas eólicas de forma econômica por um longo período. Se a água é usada como um meio de armazenar energia, várias aplicações autônomas, tais como bombeamento de água para a irrigação ou saneamento, dessalinização de água do mar ou água salobra, suprimento de energia a residências, entre outras podem funcionar de forma contínua. Aplicações de maior porte podem também ser viáveis se a topografia do local for favorável para se construir um reservatório que permita armazenar água de forma econômica sem maiores impactos ambientais.

O suprimento de energia elétrica usando um reservatório com água é uma alternativa, quando não se tem acesso a rede de distribuição, a figura 6 ilustra como funciona esse tipo de suprimento.

Figura 6 – Imagem ilustrativa de um típico suprimento de energia com turbinas eólicas usando um reservatório de água com armazenamento de energia.



Fonte: Fadigas (2011, p. 204)

Mais de 95% da potência eólica instalada mundialmente está conectada às redes elétricas de grande capacidade de potência divididas entre redes de distribuição (situadas mais próximas do centro de carga) e redes de transmissão de energia. A operação dos aerogeradores em uma rede de grande porte tem inúmeras vantagens importantes com respeito às características de geração dessa tecnologia. A potência gerada por uma turbina não precisa ser controlada de forma a acompanhar a demanda instantânea de potência de um consumidor específico. A variação da energia produzida pelo aerogerador é compensada pelas outras fontes conectadas à rede elétrica. A operação de aerogeradores operando em paralelo com a rede elétrica está tecnicamente solucionada, ou seja, possíveis perturbações na potência, frequência ou tensão são corrigidas por meio do sistema de controle dinâmico das máquinas, bem como por equipamentos adicionais ao sistema, ao contrário de aplicações autônomas cuja operação é bem mais complicada (FADIGAS, 2011, p. 213).

Segundo Menezes (2015) mesmo considerando o aerogerador com a mais alta potência unitária existente no mercado atual, a potência é muito pequena comparada à potência de uma unidade geradora convencional, a exemplo de uma usina termoelétrica ou hidrelétrica. A geração distribuída tem várias vantagens, porém existem regiões em que o potencial eólico que justifique a instalação de aerogeradores está restrito a áreas mais afastadas, ou seja, longe dos pontos de consumo, o que cria a necessidade de construir plantas geradoras centralizadas e de maior potência bem como linhas de transmissão para conectar a geração à rede elétrica existente.

Figura 7 – Parque eólico de Osório (RS, Brasil) – 150 MW



Fonte: Fadigas (2011, p. 218)

A concentração de várias turbinas em uma mesma área tem vantagens técnicas e econômicas. Do ponto de vista econômico, segundo Garcez (2010), o custo de instalação por unidade de potência instalada (R\$/kW) é menor quando se instala um grande número de turbinas mais próximas umas das outras. Um aspecto adicional está no custo de conexão com a rede elétrica. A instalação em locais onde a distância até o ponto de conexão é longa só se justifica com uma planta de grande porte.

O número de parques eólicos e capacidade instalada de produção de energia elétrica a partir da matriz eólica no Brasil vem crescendo nos últimos anos e esse crescimento tende continuar, entre 2011 e 2019 houve um crescimento considerável de 1.528,8 MW para 15.536,9 de produção de energia. Na região Nordeste e onde estão instalados grande parte dos parques eólicos do País, tendo somente o estado do Rio Grande do Norte 135 parques instalados, na região Sul também se tem uma quantidade considerável com destaque para o estado do Rio Grande do Sul com 80 parques instalados, e na região Sudeste tem somente um parque eólico localizado na cidade de São Francisco de Itabapoana no estado do Rio de Janeiro.

Figura 8 – Quantidade de parques eólicos por estado no Brasil

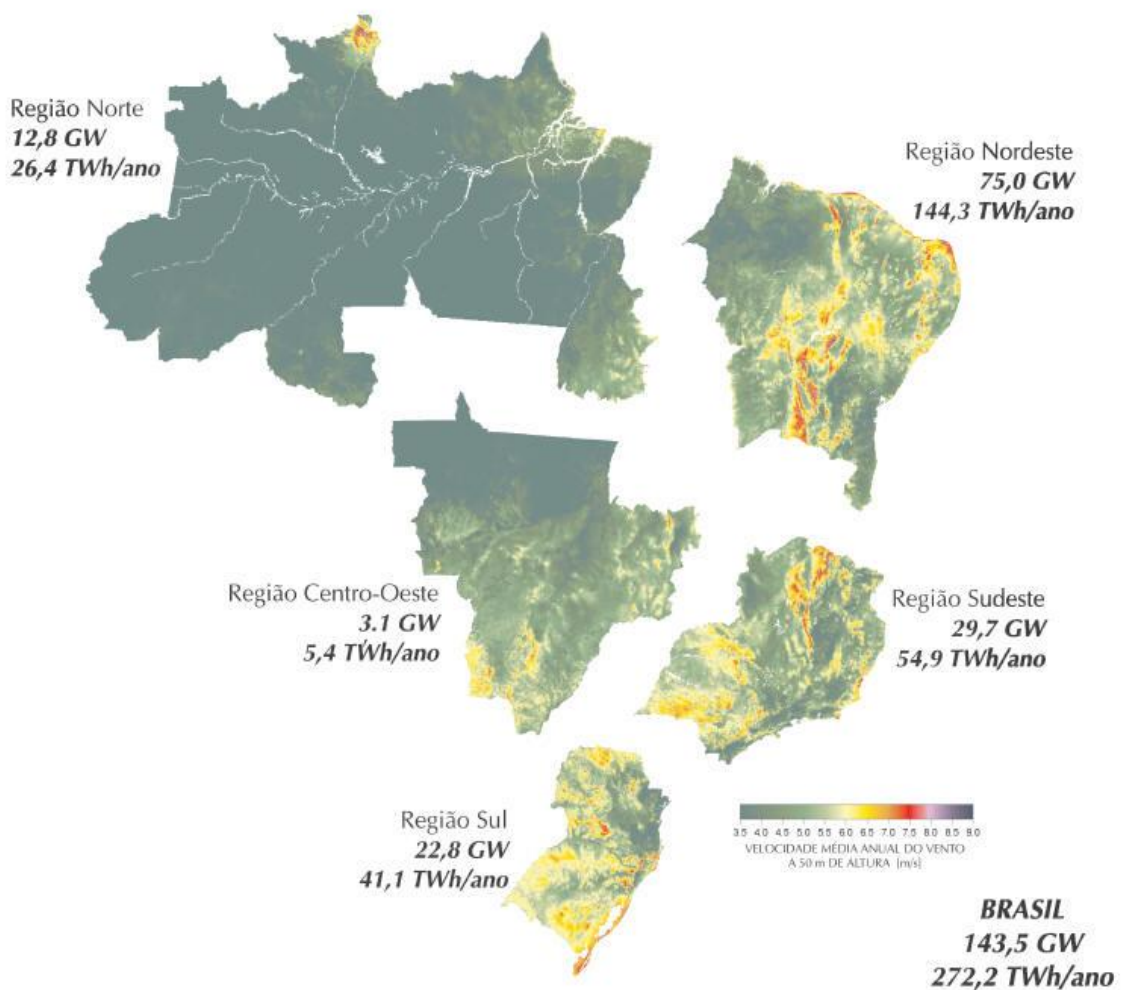


Fonte: G1.globo (2019)

De acordo com o Portal Canal Bioenergia o Brasil encontra-se em 5º colocado no ranking mundial de capacidade eólica, ficando atrás da China, Estados Unidos, Alemanha e Índia. Sendo os estados do Rio Grande do Norte, Bahia e Ceara os estados que mais produzem eletricidade através do vento.

A região Nordeste é a região mais favorável a instalação de parques eólicos no País, nesta região se tem um vento mais forte e constante, vento que chega à região vindo do Oceano Atlântico. Justamente por tal potencial grande parte dos parques eólicos brasileiros estão localizados na região. As regiões Sul e Sudeste também apresentam potencial para exploração da energia eólica no Brasil.

Figura 9 – Atlas do potencial eólico do Brasil



Fonte: Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (2019)

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como todas as fontes alternativas de geração de energia elétrica ao se optar pela energia eólica se tem pontos positivos e negativos de sua utilização. Referente as principais vantagens da utilização da energia eólica no Brasil de acordo com o Portal Eletrônico da Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEólica) podemos citar:

- Energia eólica é uma energia renovável inesgotável e não poluente;
- Parques eólicos não emitem CO<sub>2</sub>;
- Um dos melhores custo-benefício na tarifa de energia;
- Gera renda para proprietários de terra por meio do arrendamento de terra para colocação das torres;
- Permite que o proprietário da terra siga com plantações ou criação de animais;
- Permite a captação de mão de obra local.
- Disponibilidade de energia em locais de difícil acesso a rede pública de energia;

Ainda segundo a Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEólica) em 2018, a energia eólica no Brasil evitou a emissão de CO<sub>2</sub> equivalente a cerca de 15,5 milhões de automóveis, o equivalente a duas vezes a frota de veículos de passeio da cidade de São Paulo. O vento é o recurso necessário para a produção de energia eólica, sendo um recurso natural renovável e gratuito, não poluidor e disponível em níveis necessários para produzir energia em grande parte do Brasil.

A ABEEólica ainda divulgou em seu Portal Eletrônico que em 2018, foram gerados 48,4 TWh de energia eólica ao longo do ano, o que significa, que deu para abastecer 25,5 milhões/mês de residências, cerca de 80 milhões de habitantes brasileiros, sendo o equivalente a 38% da população de todo Brasil. Uma quantidade significativa dentre as opções de energias disponíveis. Essa quantidade de energia daria para abastecer o equivalente a todas as residências do estado de São Paulo e Minas Geras.

Também existem algumas desvantagens na utilização da energia eólica no Brasil. De acordo com Reis (2005, p. 151) as principais desvantagens da utilização da energia eólica são:

- A intermitência, ou seja, nem sempre o vento sopra quando a eletricidade é necessária, tornando difícil a integração da sua produção no programa de exploração;
- Impacto visual e sonoro considerável para os moradores ao redor;
- O ruído emitido pelas turbinas provoca poluição sonora, tendo que manter a distância mínima de 200 metros das áreas residenciais;
- Poluição visual, sendo que as enormes hélices provocam desconforto visual, interferindo na estética da paisagem local;
- Impacto na fauna, haja visto que, é observado a mortandade de aves no local devido a colisões nas hélices.

O Brasil e o país líder em produção de energia eólica na América do Sul, os estados do Piauí, Rio Grande do Norte, Ceará e Bahia, são os estados que mais produzem energia eólica. As principais empresas do país neste ramo de produção de energia são Tecsis, empresa nacional grande fornecedora de pás para turbinas eólicas, possuindo parques nos estados de São Paulo e Bahia, o Grupo Acciona Windpower, a empresa espanhola Gamesa e a WEG empresa Brasileira que vem crescendo no mercado de energias renováveis. As grandes empresas tendem a acirrar a concorrência neste segmento de produção de energia renovável, alavancando um maior avanço no desenvolvimento sustentável, tornando o Brasil um grande produtor de energia limpa.

Também foram identificados os benefícios da utilização da energia eólica para o meio ambiente e para o desenvolvimento sustentável, em que, podemos destacar principalmente a energia eólica como fonte inesgotável de energia; a substituição da energia hidráulica que alaga e destrói grandes quantidades de fauna e flora pela energia eólica; e a não geração de emissão de gases do efeito estufa na produção de energia eólica.

Uma vantagem específica que se destaca para o desenvolvimento sustentável e que os terrenos onde são instaladas as turbinas eólicas podem continuar sendo usados seja para plantação ou criação de animais, gerando uma renda paralela aos proprietários de terras além do aluguel das propriedades para colocação das torres, gerando assim também empregos no campo, além dos ofertados pelo parque eólico durante seu processo de instalação, manutenção e de operação e ajudando o desenvolvimento local. A renda obtida através do aluguel das terras também permite

ao proprietário um maior investimento em suas terras para as atividades que exerce seja pecuária ou agricultura.

O crescimento da utilização da energia eólica também pode trazer benéficos econômicos e sociais para determinadas localidades, trazendo desenvolvimento para regiões de baixo desenvolvimento econômico como em cidades do interior do Nordeste, onde o índice de pobreza é maior que no restante do País. Justamente no Nordeste é onde se tem o maior potencial para a exploração da energia eólica e onde estão previstos projetos a serem construídos nos próximos anos.

Segundo o Portal Eletrônico Energias Renováveis, estudos do potencial eólico brasileiro afirmam que somente o potencial para exploração na região Nordeste poderia suprir quase dois terços de toda a demanda do Brasil por eletricidade. A produção de energia eólica vem crescendo nos últimos anos no País e tendência é avanço significativo no setor eólico brasileiro.

De acordo com a Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEólica) hoje no Brasil são mais de 7 mil aerogeradores instalados, em 601 parques eólicos no País, tendo parques instalados em 12 estados brasileiros. Em 2011 o País tinha aproximadamente 1 GW de capacidade instalada, hoje se tem 15 GW, um avanço significativo, ainda há 4,6 GW já contratados ou em construção. A usina hidrelétrica de Itaipu a segunda maior do mundo tem 14 GW de potência.

Uma maior utilização da energia eólica no País pode fazer o Brasil não ficar tão dependente de usinas hidrelétricas, sendo que no período de seca a geração eólica pode atuar complementando a geração por hidrelétricas, não sendo necessário o País fazer o uso de fontes de energia não renováveis. O custo para a geração de energia eólica também é interessante aliado à sua sustentabilidade e uma boa aceitação por parte das empresas, consumidores e governo.

## 7 CONCLUSÃO

Através deste estudo, pode-se perceber a fundamental importância das fontes renováveis de energia, em especial a energia eólica escopo deste trabalho. A produção de energia eólica é mais sustentável que as hidrelétricas. O modelo de hidrelétricas não tem sido muito utilizado, mas ainda temos projetos, porém em menor escala. O uso hoje é de CGHs ou PCHs, que dentre seus impactos atingem populações residentes nas áreas a serem alagadas para a formação do reservatório, além de forçarem a saída da fauna local. A energia eólica é também mais limpa que a queima de biomassa. Quando utilizamos energia eólica estamos evitando a emissão de CO<sub>2</sub> na atmosfera, pois deixamos de usar o petróleo e o gás natural, que são formas de energia poluentes.

Observa-se que a necessidade de uso de um sistema de armazenamento é um problema típico quando se usam fontes intermitentes de energia. Mesmo hoje em dia, todos os métodos usados para armazenar energia possuem uma capacidade limitada e as tecnologias ainda são caras. Para as energias alternativas ficarem com um preço acessível para ser utilizado em massa pela população, os métodos de armazenamento de energia precisam de tecnologias mais eficientes, em que, a engenharia precisa dar um salto qualitativo grande para suprir esta demanda.

Conclui-se que com o intuito de aplicação dos preceitos do desenvolvimento sustentável, o incentivo às fontes renováveis, particularmente às “novas fontes renováveis”, em geral, visa atender objetivos estratégicos relacionados, com maior ou menor ênfase, dependendo do país, à segurança energética, à redução dos gases de efeito estufa e à geração de emprego e renda. Observa-se que a energia eólica no Brasil ainda tem muito a se desenvolver e com a disseminação de sua tecnologia no país o custo de instalação e manutenção diminuirão com o tempo.

A importância deste trabalho na visão de um Engenheiro Ambiental é demonstrar que pode ser vantajoso o investimento na produção de energia eólica e na construção de novos parques eólicos, pois é uma fonte de produção de energia limpa e inesgotável, e mostrar também que é umas das formas de produção de energia elétrica que mais tendem a crescer nos próximos anos no Brasil e no mundo. Esse TCC pode servir como fonte bibliográfica para futuras pesquisas acadêmicas e pesquisas relacionadas à área de energia eólica.



Nos últimos meses notícias sobre a crescente utilização da energia eólica no Brasil estão sendo divulgadas como divulgado pelo Portal eletrônico Click Petróleo e Gás, que a Petrobras já entrou com pedido no Ibama para instalação da sua primeira usina eólica offshore, localizada no estado do Rio Grande do Norte. A instalação de parques offshore tende a crescer nos próximos anos, no mar tem se a vantagem de ter um vento mais forte e constante e sem barreiras que atrapalhem a chegada do vento. A geração eólica pode contribuir com cerca de 34% da demanda de energia elétrica mundial até 2040 bem acima dos 4% atual.

Em notícia divulgada recentemente pelo Portal Click Petróleo e Gás, a Ambev anunciou que finalizou um acordo com um grupo para a construção de uma usina eólica que irá gerar energia para abastecer todas as fabricas da empresa na região Nordeste, além de cinco cervejarias da empresa Budweiser. O investimento realizado será em torno de 600 milhões em um espaço de 15 anos para a Casaforte Investimentos que realizara a construção da usina eólica em uma área de 1600 hectares no estado da Bahia. A usina irá gerar energia para abastecer cerca de 30% de todas as fabricas da empresa no País abrangendo as cervejarias da Budweiser localizadas no Brasil.

No dia 30 de outubro foi divulgada a notícia, através do Portal Energia que no Brasil será instalado o maior parque eólico da América Latina sendo o segundo maior do mundo, através da Neoenergia, a partir de um investimento de 480 milhões de euros, o complexo ficará situado entre os estados do Piauí e da Bahia, e está previsto o termino da construção de todo o complexo para 2022.

O Brasil possui um grande potencial eólico, principalmente a região Nordeste, as regiões Sudeste e Sul também possuem potencial para exploração da energia eólica. Nos últimos anos o uso da energia eólica no Brasil cresceu consideravelmente, atualmente o País ocupa o 5º lugar no ranking mundial de capacidade eólica e o 9º lugar no ranking de capacidade instalada. Nos próximos anos a produção de energia eólica tende a aumentar ainda mais não só no Brasil como no resto do mundo, diminuindo o uso de fontes não renováveis e não ficando tão dependentes do uso de hidrelétricas que é a fonte mais comum no Brasil. Segundo a ABEEólica e expectativa e que em cinco anos mais 200 parques eólicos sejam instalados no Brasil.

## 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALENCASTRO, M. S. C. **Empresas, ambiente e sociedade: introdução à gestão socioambiental corporativa**. Curitiba: InterSaberes, 2012.

ALVES, R. B. **Marketing ambiental: sustentabilidade empresarial e mercado verde**. Baruiiri, SP: Manole, 2017.

Associação Brasileira de Energia Eólica – (ABEEólica). Disponível em: <<http://abeeolica.org.br/>>. Acesso em: 05 out. 2019.

BARBIERI, J. C. **Gestão Ambiental Empresarial**. São Paulo: Saraiva, 2007.

BRASIL. **Constituição Federal (1988)**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 5 out. 1988.

CALDAS, Ricardo. **Responsabilidade socioambiental**. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2016.

CANAL BIOENERGIA. **Brasil fica em 5º colocado no Ranking Mundial de capacidade eólica**. Disponível em: <<http://www.canalbioenergia.com.br/brasil-fica-em-5o-colocado-no-ranking-mundial-de-capacidade-eolica/>>. Acesso em: 25 set. 2019.

CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A. **Metodologia Científica**. São Paulo: Makron Boks, 1996

CLICK PETRÓLEO E GÁS. **A maior cervejaria da América Latina investirá R\$ 600 milhões em usina eólica no Nordeste**. Disponível em: <<https://clickpetroleoegas.com.br/a-maior-cervejaria-da-america-latina-investira-r-600-milhoes-em-usina-eolica-no-nordeste/>>. Acesso em 11 nov. 2019.

CLICK PETRÓLEO E GÁS. **Petrobras entra com pedido no Ibama para sua primeira usina eólica offshore**. Disponível em: <<https://clickpetroleoegas.com.br/petrobras-entra-com-pedido-no-ibama-para-sua-primeira-usina-eolica-offshore/>>. Acesso em 30 out. 2019

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Matriz Energética e elétrica**. Disponível em: <<http://epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>>. Acesso em: 25 set. 2019.

FADIGAS, E. A. F. A. **Energia Eólica**. Barueri, SP: Manole, 2011.

GARCEZ, Lucília. **Energia**. São Paulo: Callis, 2010.

GLOBO.COM. **Brasil atinge 8º lugar em ranking mundial de energia eólica**. Disponível em: < <https://g1.globo.com/ultimas-noticias/noticia/brasil-atinge-8o-lugar-em-ranking-mundial-de-energia-eolica.ghtml> >. Acesso em: 20 ago. 2019.

MENEZES, Bárbara. **Energia eólica**. São Paulo: Callis, 2015.

MOREIRA, M. S. **Estratégia e Implantação do Sistema de Gestão Ambiental (Modelo ISO 14.000)**. Belo Horizonte: Desenvolvimento Gerencial, 2001.

MORELLI, F, S. P. **Panorama geral da energia eólica no Brasil**. São Carlos, SP: Universidade de São Paulo, 2012.

PHILIPPI J, A.; ROMÉRO, M. A.; BRUNA, G. C. **Curso de gestão ambiental**. Barueri, SP: Manole, 2004.

PHILIPPI J, A.; SAMPAIO C. A. C.; FERNANDES, Valdir. **Gestão empresarial e sustentabilidade**. Barueri, SP: Manole, 2017.

PORTAL ENERGIA RENOVAVEIS. **Brasil terá o maior parque eólico da América Latina através da Neoenergia**. Disponível em: <<https://www.portal-energia.com/brasil-maior-parque-eolico-neoenergia-148045/>>. Acesso em: 02 nov. 2019.

PORTAL ENERGIA RENOVAVEIS. Disponível em: <<https://www.portal-energia.com/>>. Acesso em: 25 set. 2019.

REIS, L. B. **Energia, recursos naturais e a prática do desenvolvimento sustentável**. Barueri, SP: Manole, 2005.

REIS, L. B. **Matrizes energéticas: conceitos e usos em gestão e planejamento.** Barueri, SP: Manole, 2011.

SACHS, Ignacy. **Desenvolvimento: includente, sustentável, sustentado.** Rio de Janeiro: Garamond, 2004.

SAIANI, C. C. S.; DOURADO, J.; JÚNIOR, R. T. **Resíduos Sólidos no Brasil: oportunidades e desafios da lei federal nº 12.305 (lei de resíduos sólidos).** Barueri, SP: Minha Editora, 2014.

SIMAS, M.S. **Energia eólica e desenvolvimento sustentável no Brasil: estimativa da geração de empregos por meio de uma matriz insumo-produto ampliada.** São Paulo, SP: Universidade de São Paulo, 2012

TERCIOTE, R. **A energia eólica e o meio ambiente.** Campinas, SP: Unicamp, 2002.

VALLE, C. E. **Qualidade Ambiental. O desafio de ser competitivo protegendo o meio ambiente.** São Paulo: Pioneiro, 1995.

VITOR, R. R. **A energia eólica e sua relação com o desenvolvimento sustentável no Brasil.** Natal, RN: Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2013.