



TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

ESTUDO SOBRE A ENERGIA EÓLICA NO BRASIL E SEUS IMPACTOS

Acadêmico

Jocemar Santos de Souza

CURSO DE GESTÃO AMBIENTAL

São Gabriel, 12 de março de 2014

JOCEMAR SANTOS DE SOUZA

**ESTUDO SOBRE A ENERGIA EÓLICA NO BRASIL E SEUS
IMPACTOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Gestão Ambiental, da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA, SG), como requisito parcial para obtenção do grau de Gestor Ambiental.

Orientador: Prof^a. M.Sc. Beatriz Stoll Moraes

São Gabriel, RS, 12 de Março de 2014

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA
CAMPUS SÃO GABRIEL
CURSO DE GESTÃO AMBIENTAL**

Estudo Sobre a Energia Eólica no Brasil e Seus Impactos

Trabalho de Conclusão de curso
Apresentado a Universidade Federal do
Pampa como requisito parcial na
obtenção do título de graduação em
Gestão Ambiental

Área de concentração: Energia: Gestão
e Planejamento

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em
Banca Examinadora:

Prof^a. M.Sc. Beatriz Stoll Moraes
Orientadora
UNIPAMPA

Prof. Dr. Ricardo Ribeiro Alves
UNIPAMPA

Prof^a. M.Sc. Suzy Elizabeth Pinheiro Canes
UNIPAMPA

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a minha família, minha mãe Leontina dos Santos de Souza e meu falecido pai Cirilo de Souza, sabendo de seu orgulho por ser o primeiro membro da família a alcançar o ensino superior apesar de todas as dificuldades. A minha esposa Lisiane May e meu querido filho Miguel, que por incontáveis vezes teve de dividir o pai com as necessárias horas de estudos.

Aos meus colegas, que se transformaram em amigos ao longo destes anos de vida acadêmica.

Em especial à Prof^a. M.Sc. Beatriz Stoll Moraes, que além de ser minha orientadora, tornou-se também uma amiga muito querida.

Ao Prof. Dr. Ricardo Ribeiro Alves e a Prof^a. M.Sc. Suzy Elizabeth Pinheiro Canes, que aceitaram gentilmente compor minha banca de avaliação.

Aos demais professores e funcionários da Universidade Federal do Pampa.

Agradeço a vida por ter me dado esta oportunidade, após tantos anos, de alcançar o tão sonhado ensino superior, principalmente através de uma Instituição tão respeitável e de seu brilhante quadro de professores.

“Você não pode mudar o vento, mas pode ajustar as velas do barco para chegar onde quer”.

Confúcio

RESUMO

A utilização da energia eólica há tempos está presente na vida do ser humano, seja no auxílio à navegação, trabalho ou produção de energia. O uso desta tecnologia foi aos poucos sendo abandonada a partir dos anos de 1950 devido a sua baixa eficiência e da descoberta de outras fontes de energia, entre elas, o petróleo. Porém, a crise energética da década de 70 fez com que países voltassem a investir pesado em fontes alternativas de energia, entre elas a energia eólica. Com isso, foram desenvolvidos novos tipos de aerogeradores que aproveitam cada vez mais de forma eficiente a energia dos ventos, gerando energia suficiente para que torne esta fonte cada vez mais competitiva. Atualmente, o uso deste tipo de energia vem ganhando força principalmente devido à escassez das fontes não renováveis. No entanto, como qualquer outra fonte energética, a utilização dos ventos para geração de energia elétrica apresenta alguns pontos desfavoráveis em relação ao meio ambiente. O presente trabalho procura apresentar um estudo sobre o uso desta fonte no Brasil, além de descrever os tipos de impactos resultantes do uso desta fonte de energia. Diante das pesquisas baseadas em revisão bibliográfica, percebe-se a necessidade de maiores investimentos e principalmente maiores pesquisas para instalação de usinas eólicas no intuito de minimizar os impactos gerados. Apesar de possuir um dos maiores potenciais eólicos do mundo, o Brasil ainda utiliza muito pouco desta fonte, investindo muito pouco na instalação de novos parques eólicos.

Palavras-chaves: energia eólica, aerogeradores, impactos

ABSTRACT

The use of wind energy is present for a long time in the life of human beings, whether in aid to navigation, work or production of energy. The use of this technology was gradually being dropped from the years of 1950 due to their low efficiency and competition from other energy sources. However, the energy crisis of the 70 caused countries to invest heavily in alternative energy sources, including wind power. With that, new types of wind turbines have been developed that take advantage more and more efficiently to wind energy, generating enough energy to make this increasingly competitive source. Singled out as a good solution to the energy crisis aid, wind power has been growing increasingly on the world stage. As proof of this, are building ever-larger wind farms including using maritime areas for your deployment. In Brazil also has been growing use of this alternative source of energy, but before his great potential the amount of energy generated is still far from what can be achieved, because also contributes with a very low percentage in the national electric system. In addition to being a completely renewable source, another factor which influences wind source utilization is its low environmental impact, because studies show that as compared to other sources, the energy of winds in this regard, and excels as a smaller energy sources produce harmful gases to the environment and that are marked as main responsible for the greenhouse effect.

Key words: wind energy, wind turbine, impact

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Ventos marítimos e terrestres	15
Figura 2- Formação dos ventos devido ao deslocamento das massas de ar	16
Figura 3- Doesburgermolen, o mais antigo moinho da Holanda	17
Figura 4- Turbina eólica de Halladay	18
Figura 5- Tipos de torres	20
Figura 6- Vista do interior de uma nacele de um aerogerador utilizando um gerador convencional.....	21
Figura 7- Vista do interior de uma nacele de um aerogerador utilizando um gerador multipolos.....	22
Figura 8- Gerador	24
Figura 9- Pás e cubos	25
Figura 10- Tipos de Turbinas de Eixo Horizontal.....	26
Figura 11- Rotores a favor e contra o vento.....	27
Figura 12- Principais mecanismos de um rotor de Darrieus	28
Figura 13- Considerações sobre o tamanho dos aerogeradores e suas principais aplicações	29
Figura 14- Configuração de um sistema eólico isolado.....	30
Figura 15- Configuração de um sistema híbrido solar-eólico-diesel	31
Figura 16- Parque eólico conectado à rede - Parque Eólico da Prainha - CE	31
Figura 17- Parque eólico instalado no mar do norte.....	32
Figura 18- Gráfico apresentando a capacidade global instalada 1996-2013	33
Figura 19- Gráfico apresentando as dez maiores capacidades acumuladas até dez 2013	34
Figura 20- Gráfico apresentando a vazão do Rio São Francisco e Comportamento dos ventos na Região Nordeste	35
Figura 21- Mapa do potencial eólico brasileiro	36
Figura 22- Complexo Eólico do Alto Sertão I	37
Figura 23- Parque Eólico de Osório - RS.....	38
Figura 24- Gráfico apresentando as dez maiores capacidades instaladas até dez 2013	39
Figura 25- Prática de atividades agrícolas em parques eólicos	41
Figura 26- Canteiro de Obras - Parque Eólico Alegria	43
Figura 5- Tipos de torres	43
Figura 27- Rota migratória de aves e aerogerador	45
Figura 28- Pintura das Torres	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Emissões de CO ₂ de diferentes tecnologias de geração de eletricidade ..	40
Tabela 2- Comparativo de Custos entre Energias	41
Tabela 3- Distância da Torre para as Residências/Política Adotada.....	47

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

a.C.- Antes de Cristo

CA – Corrente Alternada

CO₂ – Dióxido de Carbono

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

EUA – Estados Unidos da América

GW – Giga-Watt

Km – Quilômetro

kW – Quilo-Watt

m - metro

MW – Mega-Watt

PCH – Pequenas Centrais Hidrelétricas

Proinfa – Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica

SIN – Sistema Elétrico Interligado Nacional

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	OBJETIVOS.....	14
2.1	Objetivo Geral	14
2.2	Objetivos Específicos	14
3	METODOLOGIA	14
4	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
4.1	Energia Eólica.....	15
4.1.1	Aproveitamento dos ventos	17
4.2	Constituição das Turbinas Eólicas	19
4.2.1	Torre	19
4.2.2	Nacele.....	21
4.2.3	Transmissão e Caixa Multiplicadora	22
4.2.4	Gerador	23
4.2.5	Unidade de Guinada	24
4.2.6	Rotor Eólico.....	24
4.2.6.1	Rotores de Eixo Horizontal	25
4.2.6.2	Rotores de Eixo Vertical	27
4.3	Aplicações dos Sistemas Eólicos	28
4.3.1	Sistemas Isolados	29
4.3.2	Sistemas Híbridos	30
4.3.3	Sistemas Interligados a Rede.....	31
4.3.4	Sistemas <i>Off-Shore</i>	32
4.4	Cenário Eólico Mundial	32
4.5	Energia Eólica no Brasil.....	34
4.5.1	Potencial Eólico do Brasil	35
4.5.2	Principais Parques Eólicos do Brasil.....	37
4.5.3	Capacidade Instalada	38
4.6	Impactos do Uso da Energia Eólica	39
4.6.1	Benefícios Ambientais	39
4.6.2	Uso da Terra	41
4.6.3	Supressão da Vegetação	42

4.6.4 Degradação da Área afetada.....	42
4.6.5 Alteração do Nível do Lençol Freático	43
4.6.6 Impactos Sobre a Fauna.....	44
4.6.7 Emissão de Ruídos	45
4.6.8 Impacto Visual.....	48
4.6.9 Corona Visual ou Ofuscamento	50
4.6.10 Interferências Eletromagnéticas	50
4.6.11 Efeito Estroboscópico dos Aerogeradores	50
4.6.12 Interferências Locais.....	51
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	53
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54

1 INTRODUÇÃO

Para seu desenvolvimento, o homem aprendeu a se utilizar de fontes de energia para prolongar e tornar mais confortável sua sobrevivência. Primeiro ele dominou a técnica do fogo, melhorando sua alimentação, iluminação e segurança, após inventou a roda para facilitar seu deslocamento. Descobriu a força das águas, dos ventos e domesticou animais, usando-os para o trabalho. Utilizando sua capacidade, desenvolveu mecanismos para aproveitar a energia proveniente dos ventos. Inicialmente, civilizações mais primitivas aproveitavam esta energia para navegação e beneficiamento de grãos para utilização como alimento. Tempos depois, o homem aprendeu a gerar energia elétrica através da construção de aerogeradores para aproveitamento da disponibilidade do vento no final do séc. XIX. Porém, com a descoberta de novas fontes, entre elas o petróleo, a energia eólica foi deixada um pouco de lado.

O aumento populacional e conseqüentemente, o alto consumo de energia, passou a gerar preocupação no correr dos anos, seja no caráter ambiental, seja na diminuição de fontes não renováveis. Mais recentemente, esse problema tem se acentuado devido ao aumento da expansão industrial, o que necessita de maiores suprimentos de energia, fazendo com que países produtores implantassem políticas no sentido de buscar fontes alternativas, visto que os combustíveis fósseis, hoje principal fonte de energia mundial, encontra-se cada vez mais escasso.

Diante deste panorama, a energia eólica vem apresentando boas expectativas, pois com o passar do tempo, novas tecnologias na fabricação de aerogeradores e de melhor aproveitamento dos ventos fazem com que este tipo alternativo de energia já desponte como uma das principais fontes de energia.

O Brasil ainda se utiliza pouco desta fonte, pois apesar de possuir um potencial eólico enorme apenas uma pequena parte da energia consumida no país provém do aproveitamento das forças dos ventos.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Apresentar estudo sobre a utilização da energia eólica no Brasil.

2.2 Objetivos Específicos

- descrever a partes constituintes e mecânicas dos aerogeradores.
- Apresentar uma síntese do desenvolvimento da energia eólica no mundo e no Brasil.
- Descrever os impactos ambientais da utilização de energia eólica como fonte de eletricidade no Brasil.

3 METODOLOGIA

No desenvolvimento deste trabalho foi utilizada a pesquisa bibliográfica como fonte de dados. Sendo ainda um tema novo, além de livros, foram utilizados materiais disponíveis na internet, como artigos, publicações e dados disponibilizados por órgãos governamentais.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Energia Eólica

Considerada a energia mais limpa do planeta, é uma importante alternativa às energias não renováveis e está disponível em todos os lugares e em diferentes intensidades. O vento é um recurso natural renovável, gratuito, que não polui o ambiente.

A origem da energia eólica vem da radiação solar, uma vez que os ventos são gerados pelo aquecimento não uniforme da superfície do nosso planeta. Há ventos marítimos e terrestres que são gerados ao longo das costas marítimas e nas margens de grandes lagos, estes tipos de vento estão presentes quase todos os dias do ano, provocados pelo aquecimento diferencial da terra e da água (CHIRAS, 2010).

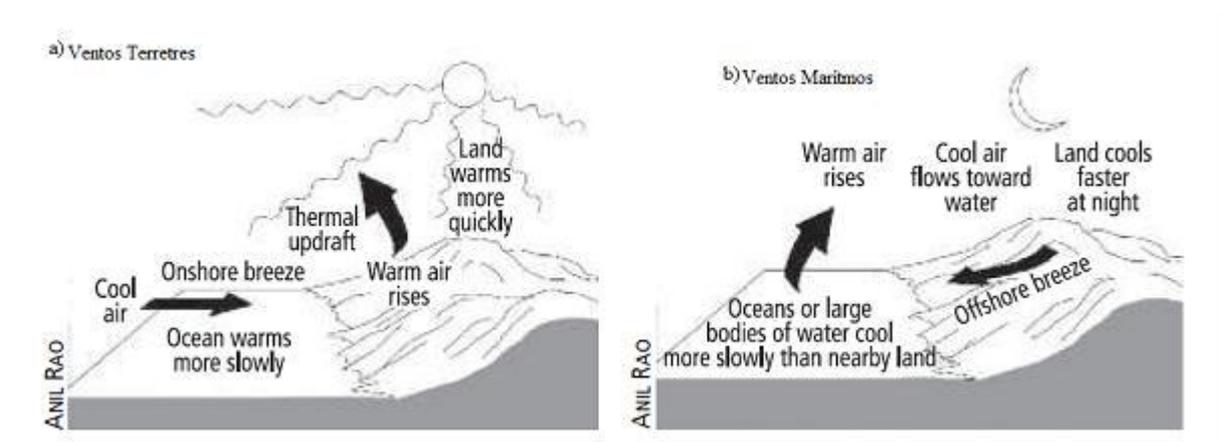


Figura 1 - Ventos marítimos e terrestres (Fonte: CHIRAS, 2010)

Os ventos costeiros são mais confiáveis que os ventos sobre o interior do continente (Figura 1), uma vez que, as relativas superfícies lisas e desobstruídas das águas abertas fazem com que os ventos se desloquem mais rapidamente, pois lagos e águas costeiras oferecem pouca resistência ao fluxo do vento. Por isso, regiões costeiras é um lugar ideal para implantação de turbinas eólicas (CHIRAS, 2010).

A geração dos ventos se dá em âmbito global e regional (Figura 2). Partes do

planeta Terra recebem os raios solares quase que perpendicularmente, o que ocorre na região dos trópicos, onde acaba sendo mais aquecidas que a região dos polos. Em consequência disso, o ar quente que se encontra nas baixas altitudes das regiões tropicais tende a subir sendo substituído por uma massa de ar mais frio que se desloca das regiões polares. O deslocamento dessa massa de ar quente e frio é que determina a formação dos ventos.

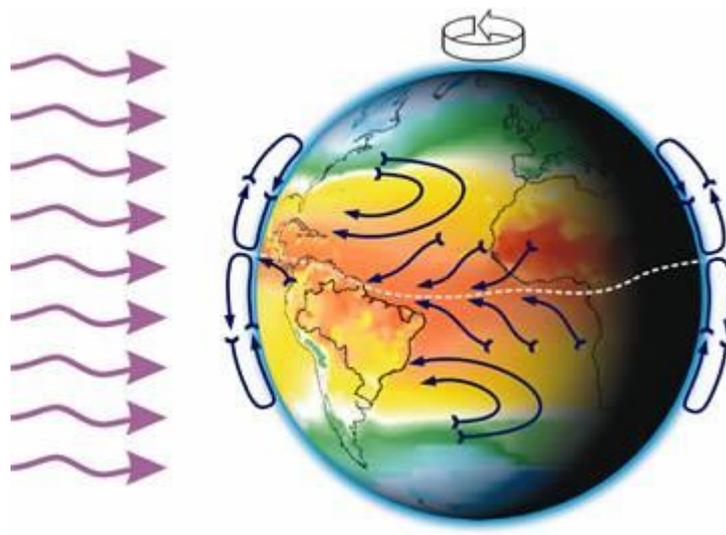


Figura 2 - Formação dos ventos devido ao deslocamento das massas de ar

Fonte: Dutra (2008)

A quantidade de energia disponível no vento varia de acordo com as estações do ano e as horas do dia. A topografia e a rugosidade do solo também têm grande influência de ocorrência dos ventos e de sua velocidade em um local. Além disso, a quantidade de energia eólica extraível numa região depende das características de desempenho, altura de operação e espaçamento horizontal dos sistemas de conversão de energia eólica instalados. Uma estimativa da energia total disponível dos ventos ao redor do planeta pode ser feita a partir da hipótese de que, aproximadamente 2% da energia solar absorvida pela Terra são convertidos em energia cinética dos ventos. Este percentual, embora pareça pequeno, representa centena de vezes à energia anual produzida nas centrais elétricas do mundo. Para a avaliação do potencial eólico de uma região é necessário uma coleta de dados dos ventos com precisão e qualidade, capaz de fornecer um mapeamento eólico da região (DUTRA, 2008).

4.1.1 Aproveitamento dos Ventos

Os egípcios foram os pioneiros no uso prático do vento. Em torno do ano 3.000 antes de Cristo (a.C.), eles começaram a usar velas para ajudar na força dos remos dos escravos, utilizando também no trabalho de força animal em tarefas como moagem de grãos e bombeamento de água (SOLICLIMA, 2014).

Para Fadigas (2011), a utilização dos moinhos de vento surgiu na Pérsia, por volta de 200 a.C., em que sua utilização era eficaz na moagem de grãos e bombeamento de água. Entretanto, esses moinhos utilizados nessa época tinham baixa eficiência.

Outras civilizações do Oriente Médio, principalmente os mulçumanos deram continuidade de onde os Persas pararam e construíram seus próprios moinhos de vento. Fadigas (2011) afirma que os moinhos de vento tradicionais foram inventados na Europa. A primeira informação documentada registra que foi em Duchy, no ano de 1.180. As máquinas primitivas de eixo vertical permaneceram até o século XII época em que os moinhos de modelo holandês (Figura 3) começaram a ser utilizados em grandes quantidades em muitos países da Europa.



Figura 3 - Doesburgermolen, o mais antigo moinho da Holanda.
(Fonte: Wikipedia 2014)

Durante a idade média, os melhoramentos técnicos continuaram a ocorrer, com a fabricação de lâminas aerodinâmicas, desenhos de engrenagens e de forma

geral os desenhos dos moinhos de vento. Essas máquinas mais velhas eram os moinhos de vento em pilar com o propelente montado no topo do pilar assentado no chão. O pilar servia como *pivot* que permitia ao obreiro direcionar seu moinho de vento da melhor forma na direção do vento.

Neste período, grande parte das leis feudais tinha o direito de recusar a permissão da construção de moinhos de vento pelos camponeses. Desse modo, os camponeses eram obrigados a usar os moinhos dos senhores feudais que estipulavam leis que impediam as plantações de árvores próximas aos moinhos, assegurando, assim, o direito ao vento (FADIGAS, 2011).

Com o fim das Cruzadas e das conquistas territoriais, no século XIII, a Europa precisou voltar seu olhar para seu próprio território e se antes não tinham difundido os moinhos porque não tinham interesse em fortalecer a economia local, a volta dos exércitos fez essa tecnologia chegar a quase toda a Europa (MARTINS, 2011).

Em 1850 houve uma grande alteração no formato. Daniel Halladay criou o moinho americano (Figura 4), cuja figuração costuma ser necessária em muitos filmes que têm como cenário alguma fazenda. Este modelo, rural multipás ou multilâminas, foi muito utilizado para bombear água. Por causa de seu custo-benefício, continua sendo fabricado até os dias atuais para ser usado em áreas rurais (MARTINS, 2011).



Figura 4 - Turbina eólica de Halladay (Fonte: HAU, 2006)

Em 1940, foi construído perto de Rutland, em Vermont, Estados Unidos da América (EUA), uma máquina com lâminas de 50 metros (m) e desenhada para

fornecer 1.250 quilo-watt (kW). Nos anos de 1950, os franceses chegaram a desenhos de geradores de 100 kW a 300 kW. A imprensa também teve ajuda dos moinhos. No século XVI, com o seu surgimento e conseqüente demanda crescente por papel, criou-se um moinho apenas para fabricação de papel (MARTINS, 2011).

Desde então surgiram projetos de aerogeradores cada vez mais potentes. Porém, devido à concorrência de outras tecnologias, como a utilização de combustíveis fósseis para a produção de energia, e pelas descobertas de novas reservas desta fonte, economicamente mais viáveis, esses projetos aos poucos foram sendo abandonados pela indústria e seus estudos ficaram concentrados apenas nas pesquisas científicas.

Na década de 70, o acontecimento da crise energética, fez com que as autoridades mundiais voltassem a procurar formas de energias alternativas. Assim, alguns países como Canadá, Dinamarca, Alemanha, Suécia e Estados Unidos passaram a investir na produção de energia eólica.

4.2 Constituição das Turbinas eólicas

As turbinas eólicas são mecanismos capazes de extrair a energia cinética dos ventos a partir da movimentação das pás (SPERA, 2009). Elas podem ser classificadas de acordo com o rotor, que é o conjunto de pás e o cubo, podendo ser de eixo vertical ou horizontal, sendo que esta última pode apresentar uma, duas ou mais pás. Na atualidade, os rotores de eixo horizontal são os mais utilizados, visto que esse tipo rotor tem mais vantagens em relação ao de eixo vertical.

4.2.1 Torre

As torres (Figura 5) são elementos importantes elaboração e construção de uma turbina eólica, visto que, são elas que sustentam toda a estrutura das turbinas e as forças da natureza. Há três tipos básicos de torres, mostradas na Figura 9, que são: as torres treliçadas, de aço tubular e a torre sustentada por cabos, respectivamente (MATHEW, 2006).

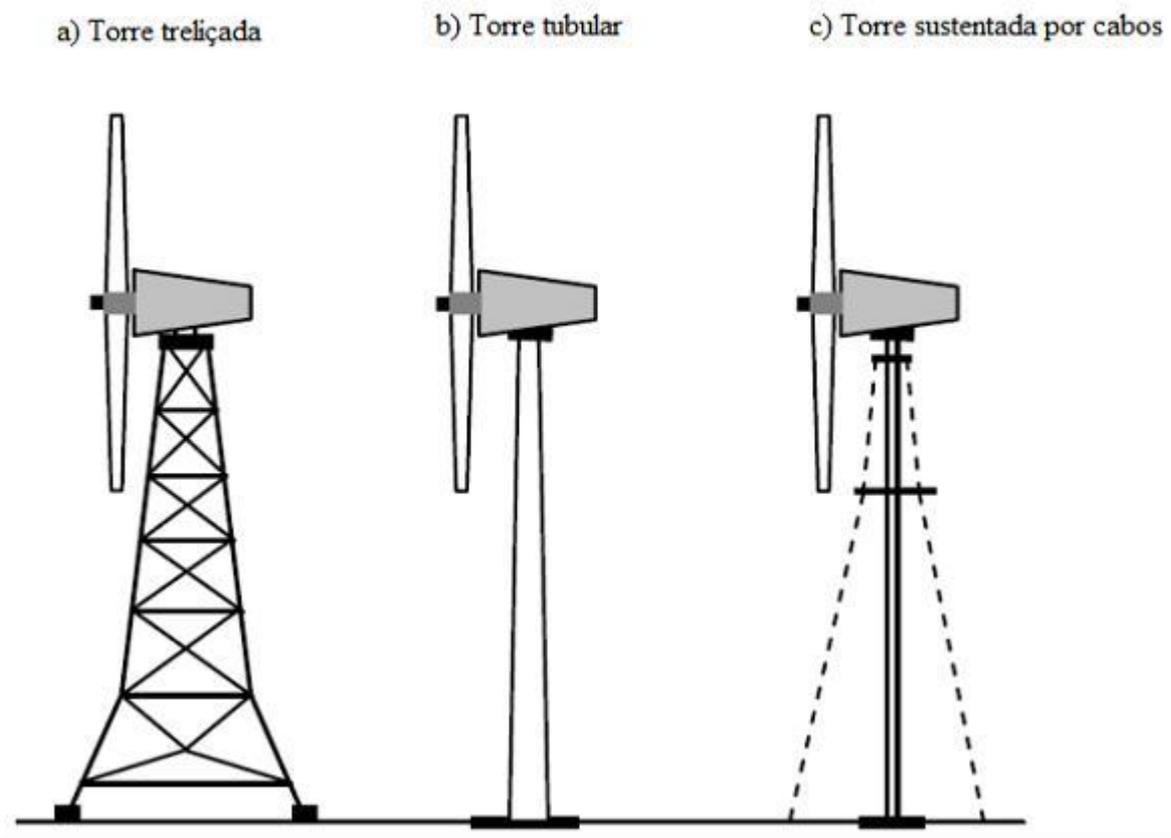


Figura 5 - Tipos de torres (Fonte: MATHEW, 2006).

As torres treliçadas são fabricadas com barras de aço unidas para formar a estrutura mostrada na Figura 9-a. Esse tipo de torre consome metade do material utilizado nas torres tubulares, sendo assim mais baratas. Porém ela possui alguns pontos negativos que são: são esteticamente feias; as atividades das aves nas barras de ferro são mais intensas, provocando assim uma maior mortalidade de pássaros; e difícil manutenção, uma vez que, os trabalhadores estarão expostos às condições ambientais (MATHEW, 2006).

As torres tubulares são mais caras, mas apresentam inúmeras vantagens, o que as tornam opções mais atraentes em relação às demais. Essas torres são fabricadas pela união de perfis tubulares de 10 a 20 m de comprimento. Ela pode oferecer ótima resistência à flexão em todas as direções. Além do fato de serem esteticamente aceitáveis e representarem menos perigo as aves (MATHEW, 2006).

Em sistemas pequenos, estão sendo usadas as torres sustentadas por cabos. Pois o custo da torre pode ser reduzido, uma vez que, uma parte do peso é apoiada

nos cabos fixados na torre. Normalmente, quatro cabos espaçados igualmente e inclinados 45° são necessários para sustentá-la (MATHEW, 2006).

Há também torres híbridas sendo produzidas, facilitando a sua construção e transporte. A parte inferior é feita de concreto, e a parte superior é feita de aço convencional com estrutura tubular (MATHEW, 2006).

4.2.2 Nacele

A nacele (Figura 6 e 7) é uma combinação de perfis de aço soldados e aparafusados que formam treliças ou caixas de vigas. É uma estrutura montada sobre a torre, na qual estão localizados o gerador, a caixa de engrenagens, o sistema de controle, medição do vento e motores para rotação do sistema, na Figura 10 é mostrada uma nacele de um aerogerador convencional e na Figura 11 a de um aerogerador multipolos (DUTRA, 2008) (SPERA, 2009).

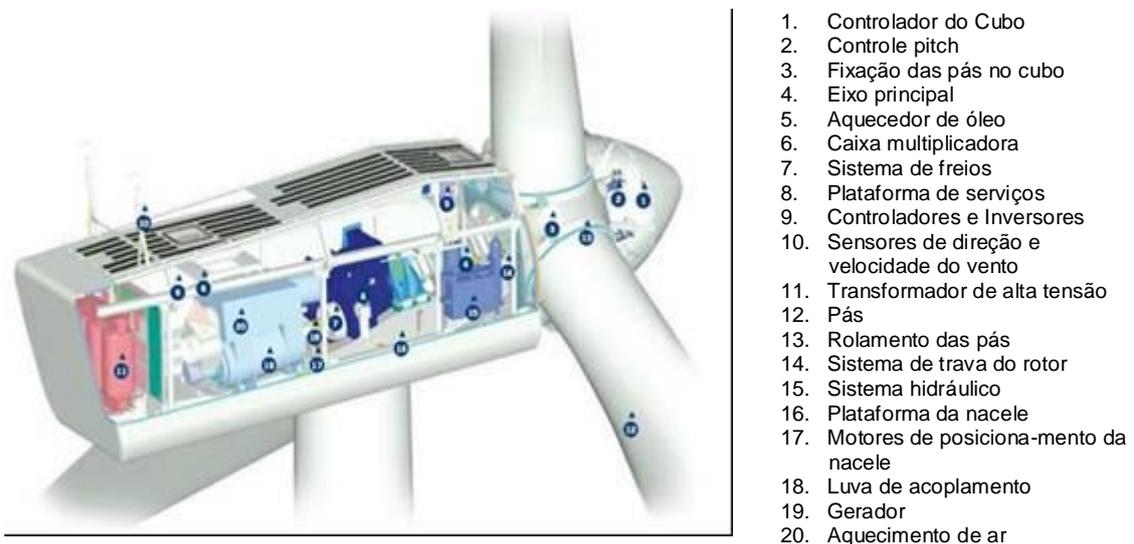


Figura 6 - Vista do interior de uma nacele de um aerogerador utilizando um gerador convencional(Fonte: DUTRA, 2008)

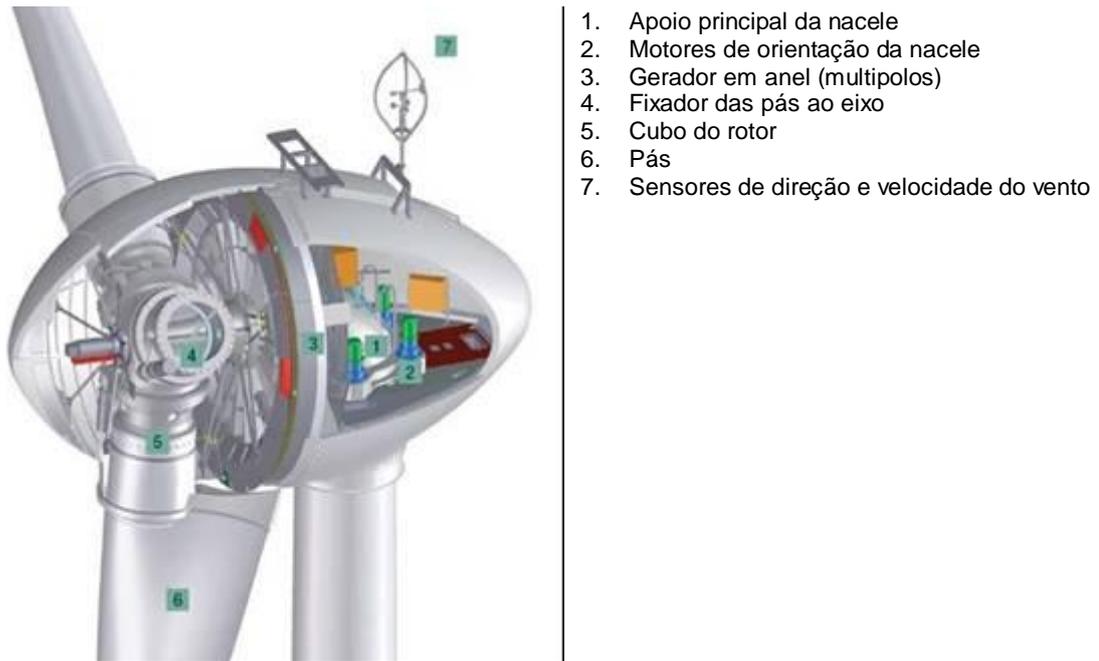


Figura 7 - Vista do interior de uma nacela de um aerogerador utilizando um gerador multipolos (Fonte: DUTRA, 2008)

4.2.3 Transmissão e Caixa Multiplicadora

A transmissão, que engloba a caixa multiplicadora, tem por finalidade transmitir a energia mecânica entregue pelo eixo do rotor até o gerador, e é composta por eixos, mancais, engrenagens de transmissão e acoplamento. Alguns geradores não utilizam esse componente, neste caso, o eixo é acoplado diretamente à carga (DUTRA, 2008).

Em projetos tradicionais, a caixa de transmissão mecânica fica entre o rotor e o gerador, de forma a adaptar a baixa velocidade do rotor à velocidade de rotação mais elevada dos geradores convencionais (DUTRA, 2008).

Mais recentemente, alguns fabricantes desenvolveram com sucesso aerogeradores sem a caixa multiplicadora e abandonaram a forma tradicional de construí-los. Assim, ao invés de utilizar a caixa de engrenagens com alta relação de transmissão, necessária para alcançar a elevada rotação dos geradores, utilizam-se geradores multipolos de baixa velocidade e grandes dimensões.

Os dois tipos de projetos possuem suas vantagens e desvantagens e a decisão em usar o multiplicador ou fabricar um aerogerador sem caixa de transmissão é, antes de tudo, uma questão de filosofia do fabricante.

4.2.4 Gerador

O gerador tem como finalidade transformar energia mecânica rotacional em energia elétrica, mostrado na Figura 8 (DUTRA, 2008) .

Nas turbinas de pequeno porte, os geradores ou alternadores para impulsionar a variação de velocidade podem ser de corrente contínua, já as turbinas de grande e médio porte usam geradores de corrente alternada. Os geradores de corrente alternada são muitas vezes selecionadas em virtude do seu amortecimento da torção, além do seu custo relativamente baixo. Mas há também outros tipos de geradores que podem ser utilizados, são eles: os geradores de indução que fornecem uma pequena suavidade para o trem de força, embora a eficiência seja reduzida no processo; além dos geradores síncronos que produzem uma potencia de maior qualidade e maior eficiência em relação aos geradores de indução, mas requerem reguladores tensão externos e são incapazes de fornecer significativa suavidade ou amortecimento para o trem de força (SPERA, 2009).

Também existem os geradores assíncronos e geradores de comutador. Cada um deles apresenta vantagens e desvantagens que devem ser analisadas com cuidado na sua incorporação ao sistema de conversão de energia eólica.

Entretanto, a integração de geradores no sistema de conversão eólica constitui-se em um grande problema, que envolve principalmente:

- ✓ variações na velocidade do vento (extensa faixa de rotações por minuto para a geração);
- ✓ variações do torque de entrada (uma vez que variações na velocidade do vento induzem variações de potência disponível no eixo);
- ✓ exigência de frequência e tensão constante na energia final produzida;
- ✓ dificuldade de instalação, operação e manutenção devido ao isolamento geográfico de tais sistemas, sobretudo em caso de pequena escala de produção (isto é, necessitam ter alta confiabilidade).

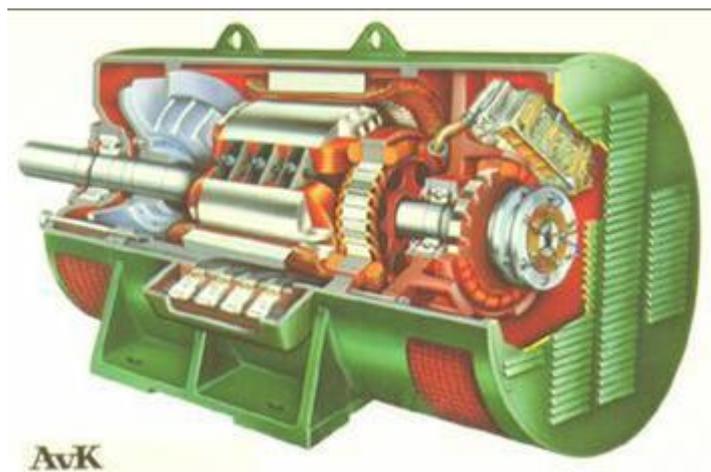


Figura 8 – Gerador (Fonte: DUTRA, 2009)

4.2.5 Unidade de Guinada

O mecanismo de orientação permite que a turbina sempre esteja voltada perpendicularmente para o vento. Em turbinas de pequeno porte, usa-se guinada passiva, que são de dois tipos: uma cauda com palhetas para orientar o plano de rotação, e turbinas a favor do vento, já que elas não necessitam de dispositivos para orientar as pás na direção do vento (JAIN, 2011).

Quase todas as grandes turbinas utilizam o mecanismo de guinada ativo. Esse tipo de mecanismo é mais caro, pois ele controla a guinada através de uma unidade mecatrônica e um sistema de controle que monitoriza a direção do vento. O motor de guinada se encontra na nacele (JAIN, 2011).

4.2.6 Rotor Eólico

O rotor é o componente do sistema eólico responsável por captar a energia cinética dos ventos e transformá-la em energia mecânica de rotação. Por este motivo, a configuração do rotor influenciará diretamente no rendimento global do sistema.

É constituído pelas pás e cubo, mostrados na Figura 9, e eixo. As pás são perfis aerodinâmicos que converte parte de sua energia cinética em energia

mecânica, mostrada na Figura 9(a). Nos aerogeradores que utilizam controle de velocidade por passo, as pás dispõem de rolamentos em sua base para que possa girar, modificando seu ângulo de ataque (DUTRA, 2008).

O eixo é responsável pelo acoplamento do cubo ao rotor, fazendo a transferência de energia mecânica da turbina. Sendo ambos constituídos por aço ou liga metálica de alta resistência (DUTRA, 2008).

Podem ser usados diversos materiais nas pás que são: compósitos de fibra de vidro, madeira laminada, vigas de aço, e etc.. A escolha do tipo de material a se utilizar nas pás vai de acordo com o projeto, levando em consideração o tamanho, peso, rigidez, pericia de fabricação, manutenção e custo. Qualquer que seja o material utilizado nas laminas, o cubo, quase sempre, é fabricado a partir de aço forjado, fundido ou soldado (SPERA, 2009).

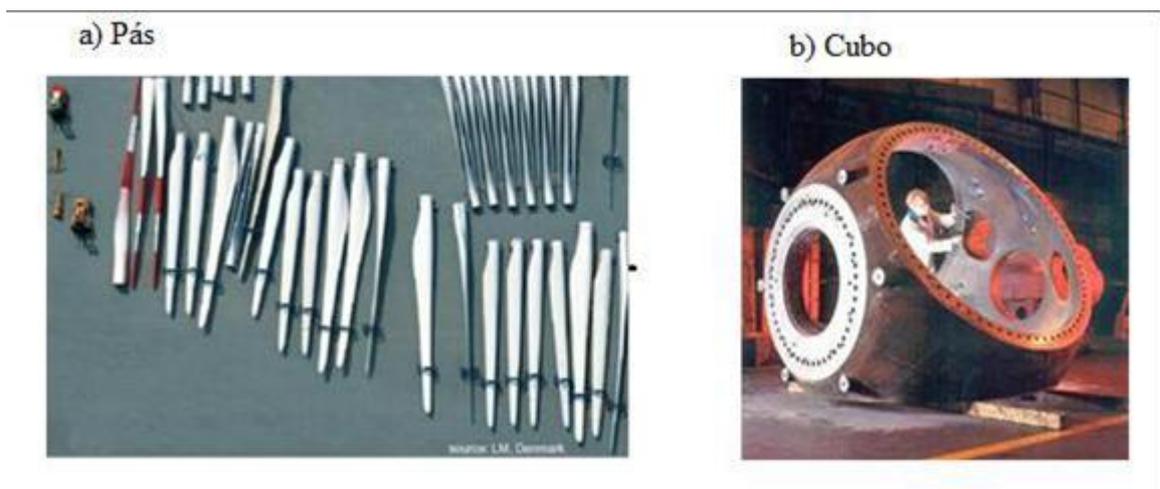


Figura 9 - Pás e cubos Fonte: (DUTRA, 2008)

Os rotores eólicos podem ser classificados segundo vários critérios e o mais importante é aquele que utiliza a orientação do eixo como fator de classificação. Assim, têm-se os rotores de eixo horizontal e os rotores de eixo vertical.

4.2.6.1 Rotores de Eixo Horizontal

Os rotores de eixo horizontal são os mais comuns, e grande parte da experiência mundial está voltada para a sua utilização. São movidos por forças

aerodinâmicas chamadas de forças de sustentação (*lift*) que atuam perpendicularmente ao escoamento, são proporcionais ao quadrado da velocidade relativa do vento, além de dependerem da geometria do corpo e do ângulo de ataque, formado entre a velocidade relativa do vento e o eixo do corpo. Também são formados por forças de arrasto (*drag*), que são forças que atuam na direção do escoamento. Assim como as forças de sustentação, ela é proporcional ao quadrado da velocidade relativa do vento.

As turbinas eólicas de eixo horizontal podem apresentar uma, duas, três ou múltiplas pás, como mostrada na Figura 10. As turbinas com apenas uma pá são mais baratas, porém para equilibrar a pá é necessário um contra peso. Elas não são muito utilizadas devido aos seus problemas de equilíbrio e estética visual. As turbinas com duas pás também apresentam essa desvantagem, mas em menor escala. A mais aceita são as turbinas com três pás, pois elas são mais estáveis (MATHEW, 2006).

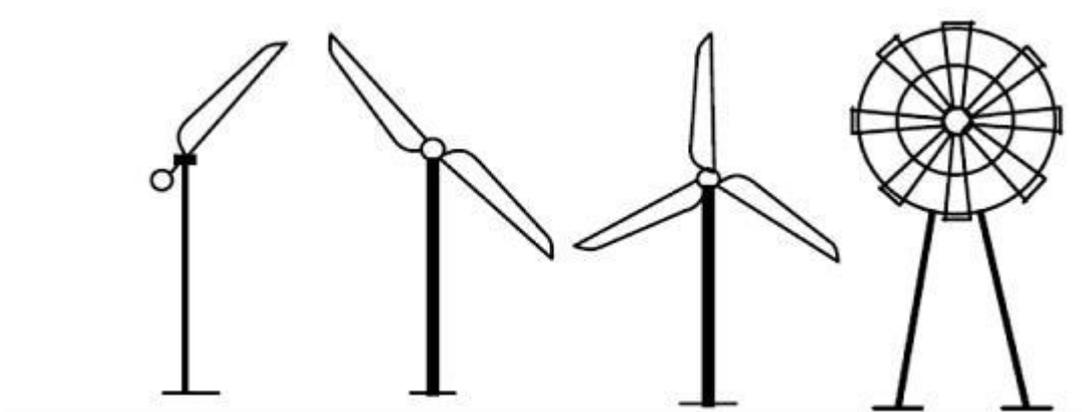


Figura 10 - Tipos de turbinas de eixo horizontal (Fonte: MATHEW, 2006)

Também há outro tipo de classificação para esse tipo de turbina que vai de acordo com a direção que a turbina recebe o vento, mostradas na Figura 11. Podem ser contra o vento, Figura 11(a), ou a favor do vento, Figura 11(b). As turbinas contra o vento têm os seus rotores virados para o vento, elas não tem problemas com as sombras da torre, porém necessitam de um mecanismo de guinada para manter o rotor sempre virado para o vento. As turbinas a favor do vento são mais flexíveis e não necessitam de mecanismos de controle de guinada, porém pode haver cargas desiguais nas pás (MATHEW, 2006).

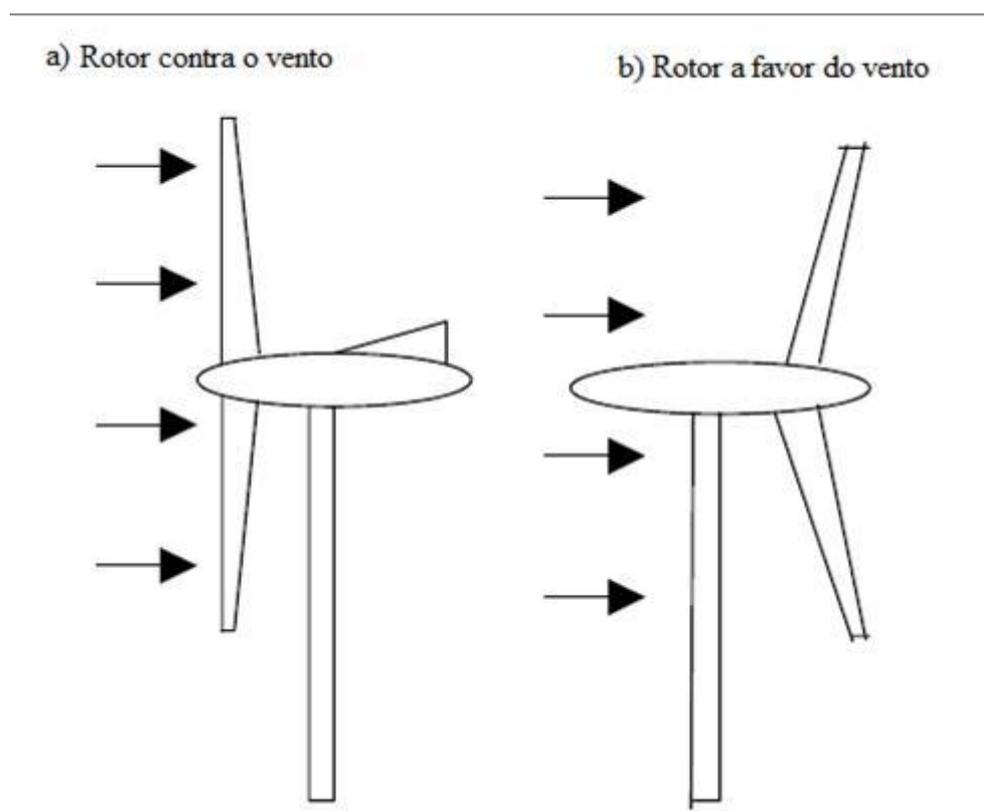


Figura 11- Rotores a favor e contra o vento
(Fonte: MATHEW, 2006).

4.2.6.2 Rotores de Eixo Vertical

Uma das principais vantagens dos rotores de eixo vertical é o fato de não necessitarem de mecanismos para acompanhar a variação do vento, uma vez que eles captam o vento em qualquer direção, o que reduz a complexidade do projeto e o esforço. Eles também podem ser movidos por forças de arrasto (*drag*) e por forças de sustentação (*lift*). Os principais tipos de rotores de eixo vertical são: Darrieus, Savonius e turbinas com torre de vórtices (DUTRA, 2008).

Os rotores de Darrieus são movidos por forças de sustentação e constituem-se de laminas curvas (duas ou três) de perfil aerodinâmico, atadas pelas duas pontas ao eixo vertical. O material mais utilizado nas laminas é a liga de alumínio extrudado. As laminas são aparafusadas na parte inferior e superior do eixo, cada um das quais esta ligada rigidamente à coluna do rotor. Assim a coluna do rotor recolhe o binário a partir da duas placas giratórias e transmite-o para o trem de força. Os principais subsistemas desse tipo de rotor estão representados na Figura 12, no modelo Darrieus, que são: (1) rotor, (2) trem de potência, (3) estrutura de

suporte, (4) base e (5) estação de equipamento de solo (DUTRA, [2009?]) (SPERA, 2009).

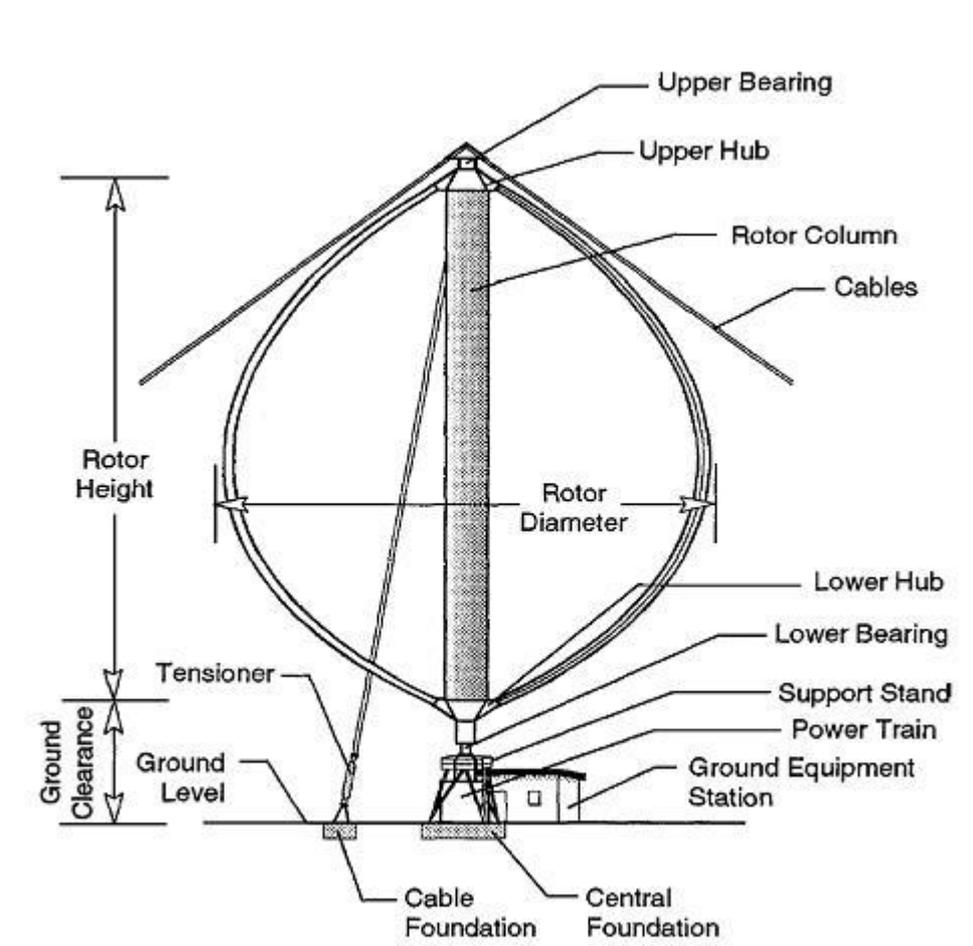


Figura 12 - Principais mecanismos de um rotor de Darrieus (Fonte: SPERA, 2009)

4.3 Aplicações dos Sistemas Eólicos

Um sistema eólico pode ser utilizado em três aplicações distintas: sistemas isolados, sistemas híbridos e sistemas interligados à rede. Os sistemas obedecem a uma configuração básica, necessitam de uma unidade de controle de potência e, em determinados casos, de uma unidade de armazenamento (Figura 13).



Figura 13 - Considerações sobre o tamanho dos aerogeradores e suas principais aplicações (Fonte: CRESESB, 2005)

4.3.1 Sistemas Isolados

Os sistemas isolados, em geral, utilizam alguma forma de armazenamento de energia (Figura 14). Este armazenamento pode ser feito através de baterias, com o objetivo de utilizar aparelhos elétricos, ou na forma de energia gravitacional, com a finalidade de armazenar a água bombeada em reservatórios para posterior utilização. Alguns sistemas isolados não necessitam de armazenamento, como no caso dos sistemas para irrigação onde toda a água bombeada é diretamente consumida.

Os sistemas que armazenam energia em baterias necessitam de um dispositivo para controlar a carga e a descarga da bateria. O controlador de carga tem como principal objetivo evitar danos à bateria por sobrecarga ou descarga profunda.

Para alimentação de equipamentos que operam com corrente alternada (CA) é necessário à utilização de um inversor. Este dispositivo geralmente incorpora um seguidor do ponto de máxima potência necessário para otimização da potência produzida. Este sistema é usado quando se deseja utilizar eletrodomésticos convencionais.

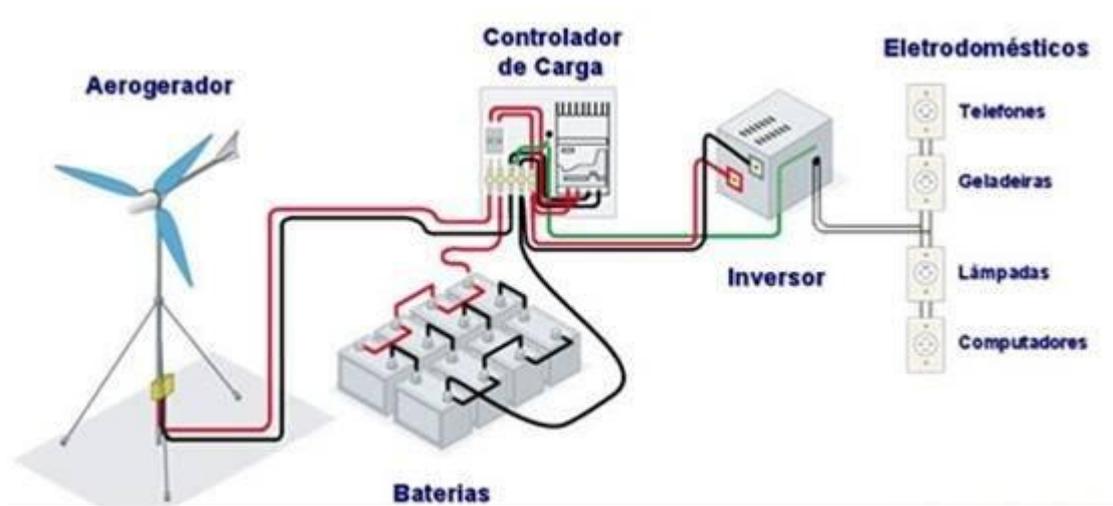


Figura 14 - Configuração de um sistema eólico isolado (Fonte: CRESESB, 2005)

4.3.2 Sistemas Híbridos

Os sistemas híbridos são aqueles que, desconectados da rede convencional, apresentam várias fontes de geração de energia como, por exemplo, turbinas eólicas, geração diesel, módulos fotovoltaicos, entre outras. A utilização de várias formas de geração de energia elétrica aumenta a complexidade do sistema e exige a otimização do uso de cada uma das fontes. Nesses casos, é necessário realizar um controle de todas as fontes para que haja máxima eficiência na entrega da energia para o usuário.

Em geral, os sistemas híbridos (Figura 15) são empregados em sistemas de médio a grande porte destinados a atender um número maior de usuários. Por trabalhar com cargas em corrente alternada, o sistema híbrido também necessita de um inversor. Devido à grande complexidade de arranjos e multiplicidade de opções, a forma de otimização do sistema torna-se um estudo particular a cada caso.



Figura 15 – Configuração de um sistema híbrido solar-eólico-diesel
(Fonte: CRESESB, 2005)

4.3.3 Sistemas Interligados a Rede

Os sistemas interligados (Figura 16) à rede utilizam um grande número de aerogeradores e não necessitam de sistemas de armazenamento de energia, pois toda a geração é entregue diretamente à rede elétrica. O total de potência instalada no mundo de sistemas eólicos interligados à rede somam aproximadamente 120 Giga-watt (GW) (WWEA,2012).



Figura 16 – Parque eólico conectado à rede – Parque Eólico da Prainha – CE
(Fonte: CRESESB, 2014)

4.3.4 Sistemas Off-Shore

As instalações *off-shore* representa a nova fronteira da utilização da energia eólica. Embora representem instalações de maior custo de transporte, instalação e manutenção, as instalações *off-shore* têm crescido a cada ano principalmente com o esgotamento de áreas de grande potencial eólico em terra.

A indústria eólica tem investido no desenvolvimento tecnológico da adaptação das turbinas eólicas convencionais para uso no mar (Figura 17). Além do desenvolvimento tecnológico, os projetos *off-shore* necessitam de estratégias especiais quanto ao tipo de transporte das máquinas, sua instalação e operação. Todo o projeto deve ser coordenado de forma a utilizarem os períodos onde as condições marítimas propiciem um deslocamento e uma instalação com segurança.



Figura 17 – Parque eólico instalado no mar do norte
(Fonte: BRASIL ALEMANHA NEWS, 2010)

4.4 Cenário Eólico Mundial

As fontes de energias renováveis tem crescido muito nos últimos anos, sendo responsável por cerca de 16,7% do consumo global de energia final, em 2010. Desse total, estima-se que 8,2% são fontes novas de energias renováveis. Esse crescimento também acompanhou o setor de energia elétrica, onde as energias

renováveis correspondem por quase metade dos cerca de 208 gigawatts (GW) da capacidade de energia elétrica adicionada globalmente, em 2011. Quem se destaca nas novas energias renováveis são as energias eólicas e solar fotovoltaica que correspondem com cerca de 40% e 30%, respectivamente (REN21, 2012).

A energia eólica ainda tem pequena participação na matriz energética mundial, correspondendo a menos de 4% em 2011. Segundo o relatório do Conselho Mundial de Energia Eólica - GWEC (2013), oitenta países já possuem instalações eólicas, totalizando uma capacidade instalada superior a 318 GW em 2013. Sua estimativa, em um cenário conservador, é de que a capacidade instalada mundial alcance 415 GW em 2020, com participação crescente de parques eólicos *offshore*.(Figura 18).

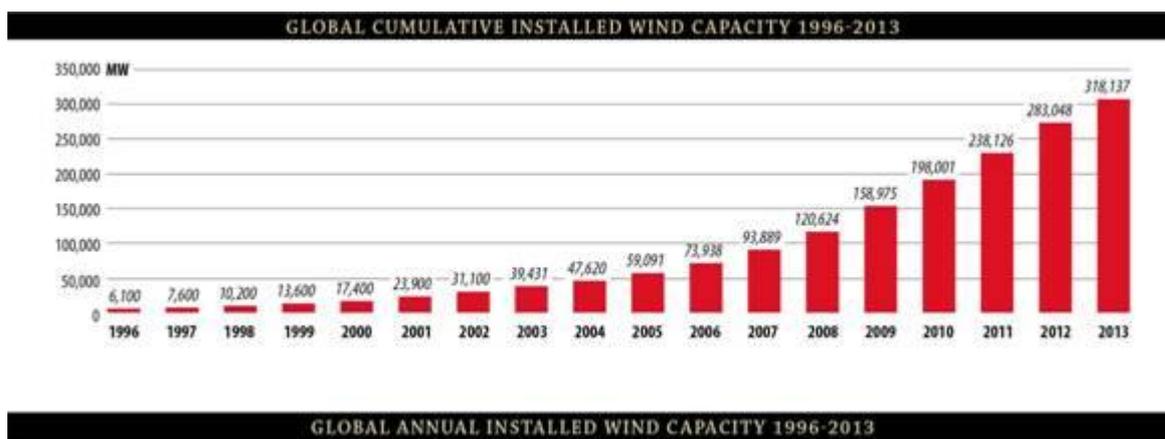


Figura 18- Gráfico apresentando a capacidade global instalada 1996-2013
(Fonte: GWEC, 2013)

Historicamente, os principais mercados responsáveis por esse crescimento foram Europa (Alemanha e Espanha), América do Norte (Estados Unidos) e Ásia (China e Índia). Em 2012, o crescimento do setor foi conduzido principalmente pela China, que instalou 13,2 GW do total de 44,7 GW adicionados no mundo, seguida dos Estados Unidos, que adicionaram 13,1 GW em sua oferta de energia eólica (LAGE; PROCESSI, 2013).

Até 2005 a Alemanha liderava o ranking dos países em produção de energia eólica, mas em 2008 foi ultrapassada pelos EUA. Desde 2010, a China é o maior produtor de energia eólica. Em 2011 o total instalado nesse país ultrapassava os

62.000 Mega-watt (MW) ou (62 GW). Comparado com os 44.000 GW instalados até 2010, foi um aumento de 41%.

Já sendo o maior gerador de energia eólica do mundo, os chineses em 2014 (Figura 19) deram início ao maior impulso que as energias renováveis já receberam mundialmente, comprometendo-se a dobrar o número de turbinas no país ao longo dos próximos seis anos.

Com uma capacidade instalada de energia eólica de cerca de 75 gigawatts (GW), o país pretende atingir a marca de 200 GW até 2020. Os países da União Europeia, em comparação, têm juntos um total de 90 GW de capacidade instalada de energia eólica. Apesar de ser visto como um dos países de maior potencial na geração de energia eólica no mundo, o Brasil possui uma capacidade instalada de energia eólica de apenas 2,2 GW, segundo cálculo do Ministério de Minas e Energia (SHUKMAN, 2014).

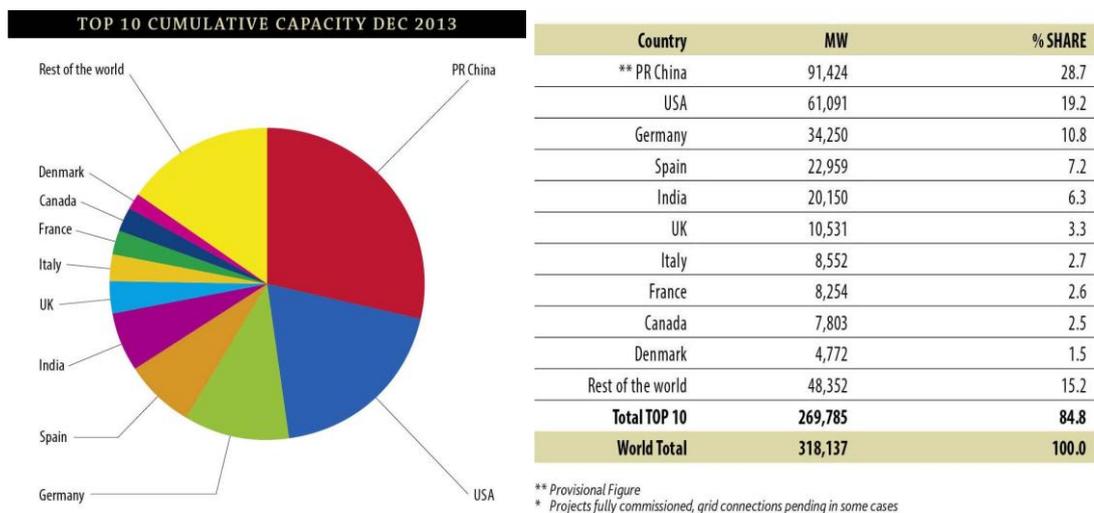


Figura 19- Gráfico apresentando as dez maiores capacidades acumuladas até dez 2013 (Fonte: GWEC, 2013)

4.5 Energia Eólica no Brasil

Uma grande seca atingiu o Brasil na primeira década de 2000, o que diminuiu o nível das barragens hidrelétricas no país, levando a uma grave escassez de energia. Com essa crise energética, que devastou a economia brasileira e levou ao racionamento de energia elétrica, veio à tona a urgente necessidade de novas fontes de energia, entre elas, a energia eólica.

O principal marco de incentivo para a utilização desta fonte de energia, foi a instituição da Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002 criando o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA), através do Decreto nº 5.025, que instituiu o objetivo de aumentar a participação da energia elétrica produzida por empreendimentos concebidos com base em fontes eólica, biomassa e pequenas centrais hidrelétricas (PCH) no Sistema Elétrico Interligado Nacional (SIN) (MMA, 2014).

4.5.1 Potencial Eólico do Brasil

No geral, o potencial eólico no Brasil é maior de junho a dezembro, o que coincide com o período de menor incidência de chuvas (WIKIPEDIA, 2014). O melhor exemplo disto é na região da bacia do rio São Francisco (Figura 20), confirmando a importância deste tipo de energia pela má distribuição dos recursos hídricos existentes no país, além de ajudar períodos de menor incidência de chuvas.

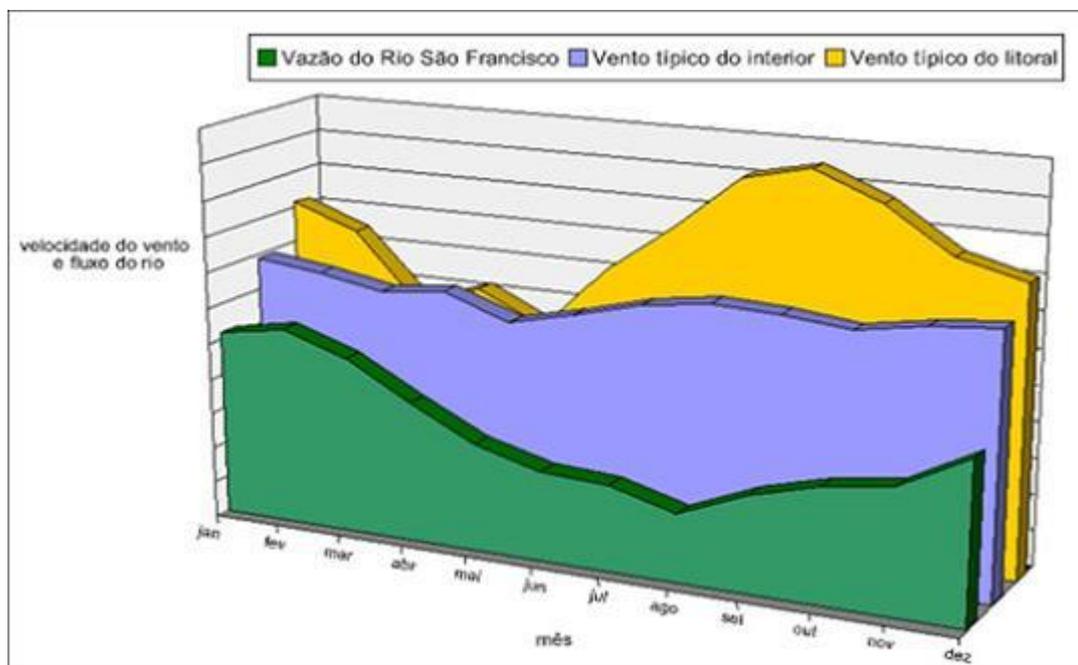


Figura 20- Gráfico apresentando as vazão do Rio São Francisco e Comportamento dos Ventos na Região Nordeste (Fonte: DUTRA, 2001)

Conforme apresentado na (Figura 21), estima-se que o Brasil possui um potencial eólico disponível de 143,5 GW e uma energia anual de 272,2 Tera-watt hora (TWh/ano). Essa energia está distribuída da seguinte forma: região Norte, energia disponível 12,8 GW e uma energia anual de 26,4 TWh/ano; região Nordeste, energia disponível 75,0 GW e uma energia anual de 144,3 TWh/ano; região Sudeste, energia disponível 29,7 GW e uma energia anual de 54,9 TWh/ano, região centro-oeste, energia disponível 3,1 GW e uma energia anual de 5,4 TWh/ano; região sul, energia disponível 22,8 GW e uma energia anual de 41,1 TWh/ano. De acordo com esses dados, pode-se constatar que a região que detém um maior potencial elétrico é a região nordeste (AMARANTE, *et al.*, 2001).

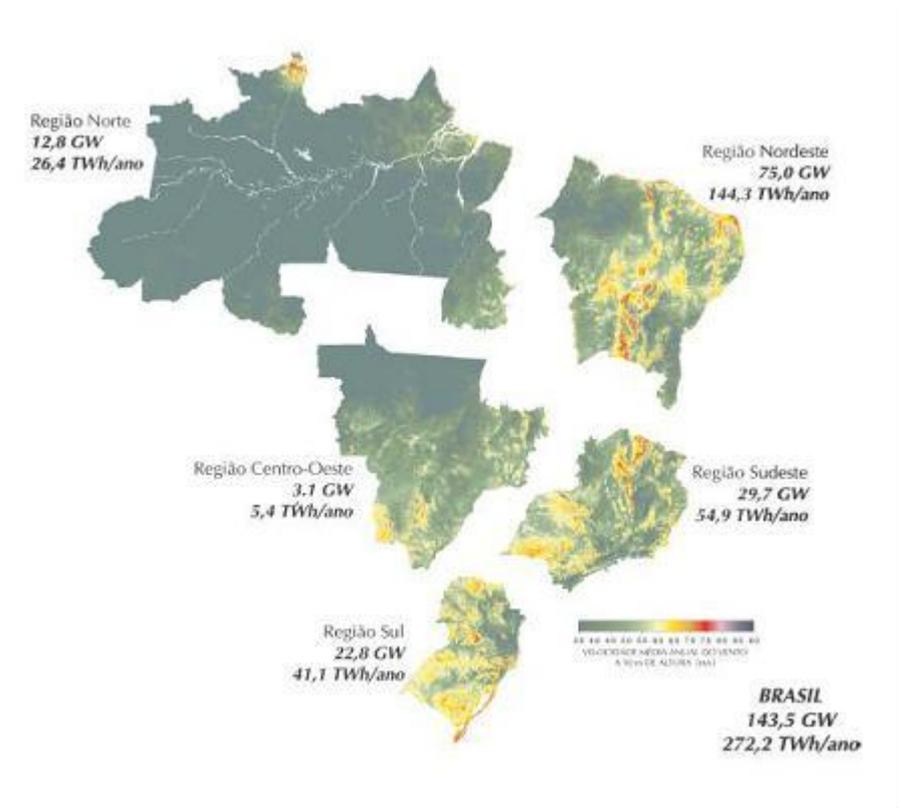


Figura 21- Mapa do potencial eólico brasileiro (Fonte: AMARANTE, BROWER, *et al.*, 2001).

4.5.2 Principais Parques Eólicos do Brasil

Os principais Parque Eólicos instalados no Brasil são:

- Complexo Eólico Alto Sertão I - localizado no semiárido baiano, é o maior parque gerador de energia eólica do Brasil e também da América Latina. As 184 torres geram 294 megawatts de energia (cerca de 30% de toda energia eólica gerada no Brasil). Inaugurado em junho de 2012, o complexo pertence a empresa Renova Energia e teve investimento de 1,2 bilhão de reais (Figura 22).
- Parque Eólico de Osório: instalado no município gaúcho de Osório, é o segundo maior centro de geração de energia eólica no Brasil (em 2011). Possui a capacidade instalada de 150 megawatts (Figura 23).
- Usina de Energia Eólica de Praia Formosa: instalada na cidade de Camocim (Ceará). Possui a capacidade instalada de 104 megawatts.
- Parque Eólico de Cerro Chato: Instalada no município de Sant'Ana do Livramento (RS). Possui a capacidade instalada de 90 MW.
- Parque Eólico Alegria: instalado na cidade de Guamaré (Rio Grande do Norte). Possui a capacidade instalada de 51 megawatts.
- Parque Eólico do Rio de Fogo: instalado na cidade de Rio do Fogo (Rio Grande do Norte). Possui capacidade instalada de 41 megawatts.



Figura 22- Complexo Eólico do Alto Sertão I. (Fonte: RENOVA ENERGIA, 2014)



Figura 23- Parque Eólico de Osório – RS (Fonte: VENTOS DO SUL ENERGIA, 2014)

4.5.3 Capacidade Instalada

A energia eólica tem apresentado um expressivo crescimento nos últimos anos no Brasil (Figura 24). O país aparece bem nas estatísticas tendo instalado 948 MW novos, totalizando um parque de 3.456 MW, e já aparece em sétimo lugar entre os que mais instalaram capacidade eólica no mundo. Além de China, em 1º lugar, e EUA, em 6º, ficaram a frente do Brasil: Alemanha (2º-3,2 GW), Reino Unido (3º-1,88 GW), Índia (4º-1,7 GW) e Canadá (5º-1.599 MW) (GWEC, 2013)..

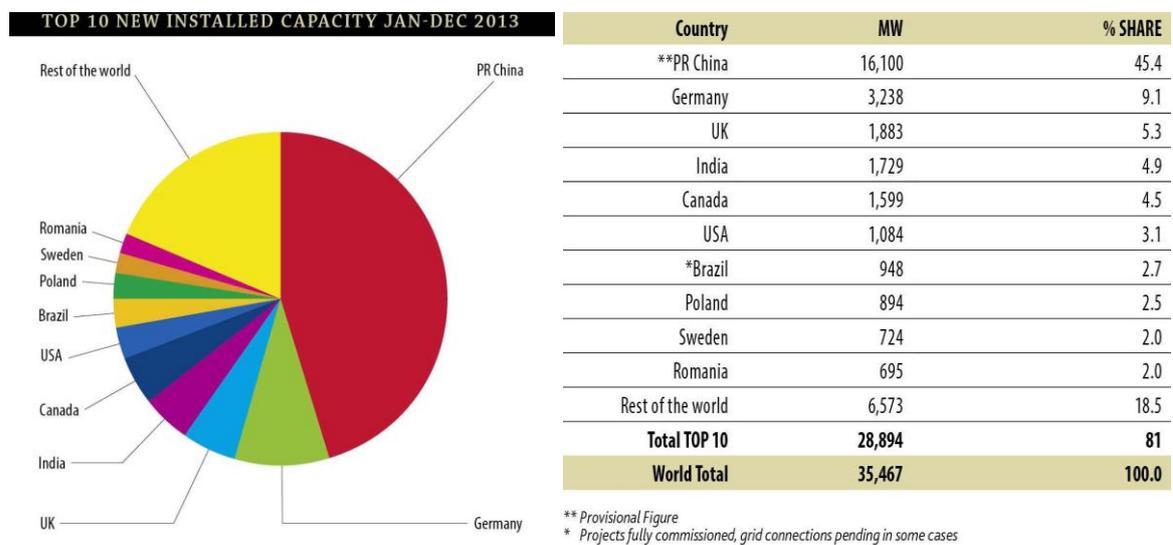


Figura 24- Gráfico apresentando as dez maiores capacidades instaladas até dez 2013 (Fonte: GWEC, 2013)

4.6 Impactos do Uso da Energia Eólica

Apesar de não queimarem combustíveis fósseis e não emitirem poluentes, a usinas eólicas não são totalmente desprovidas de impactos ambientais.

A utilização da energia eólica comporta numerosas vantagens face às energias tradicionais e mesmo em comparação com outros tipos de energias renováveis, em função do seu maior desenvolvimento. Mas apesar das aparentes vantagens no uso de energia eólica para a produção de energia elétrica, este tipo de aproveitamento energético eólico apresenta também desvantagens e impactos significativos principalmente no uso de grandes aerogeradores, parques e usinas eólicas (AEROMINI, 2009).

4.6.1 Benefícios Ambientais

Um dos principais benefícios ao meio ambiente pela utilização da energia eólica é a não produção de dióxido de carbono na atmosfera. Fazendo um comparativo entre cada unidade (KWh) de energia elétrica gerada por turbinas eólicas e a mesma energia que seria gerada por uma planta convencional de geração de energia elétrica, chega-se a conclusão de que a energia eólica apresenta grandes vantagens na redução de emissão de gases de efeito estufa e na redução de concentração de dióxido de carbono (CO₂) durante a sua operação. Com o avanço de programas de eficiência energética, com o propósito de tornar mais eficiente o parque gerador de energia, as emissões de CO₂ e de gases de efeito estufa têm-se reduzido ao longo dos anos, mas permanecem, ainda, em uma faixa muito alta (JACOBSON; MASTERS, 2000).

As preocupações pelo aumento da concentração de CO₂ e de outros gases apontados como responsáveis pelo aumento do efeito estufa vêm mobilizando diversos países na busca de soluções efetivas para a redução destas emissões, o que acaba favorecendo a busca pelo uso de energias renováveis. Uma turbina de 600kW, por exemplo, instalada em uma região favorável poderá, dependendo do

regime de vento e do fator de capacidade, evitar a emissão de 20.000 a 36.000 toneladas de CO₂, equivalentes à geração convencional, durante seus 20 anos de vida útil estimado (EWEA, 2000).

No cenário brasileiro, os benefícios a serem obtidos na redução da emissão de CO₂ na matriz energética (Tabela 1) dependem de qual tipo de geração de energia elétrica ela iria substituir. Estudos realizados pelo *World Energy Council* em 1993 demonstrados pela tabela a seguir apresentam e comparam as emissões de diferentes tecnologias de geração de energia elétrica.

Tabela 1- Emissões de CO₂ de diferentes tecnologias de geração de eletricidade

Tecnologias	Emissões de CO ₂ nos estágios de produção de energia (ton./GWh)			
	Extração	Construção	Operação	Total
Planta convencional de queima de carvão	1	1	962	964
Planta de queima de óleo combustível	-	-	726	726
Planta de queima de gás	-	-	484	484
Energia térmica dos oceanos	ND	4	300	304
Plantas geotérmicas	<1	1	56	57
Pequenas hidrelétricas	ND	10	ND	10
Reatores nucleares	2	1	5	8
Energia eólica	ND	7	ND	7
Solar fotovoltaico	ND	5	ND	5
Grandes hidrelétricas	ND	4	ND	4
Solar térmico	ND	3	ND	3
Lenha (Extração programável)	-1.509	3	1.346	-160

ND: Não disponível

Fonte: WORLD ENERGY COUNCIL (1993).

De acordo com Terciote (2002) das quatro tecnologias listadas acima que apresentam emissões de CO₂ abaixo da energia eólica, somente as grandes hidrelétricas são competitivas comercialmente. No entanto, a construção das grandes hidrelétrica vem sendo alvo de discussões, principalmente em países como Brasil e Canadá (que dispõe de grandes hidrelétricas, só que cada vez construídas mais longe dos centros consumidores) devido à inundação de grandes áreas acarretarem do apodrecimento da vegetação do local, o que vem a gerar gases do efeito estufa, sendo o principal deles o gás metano, cinquenta vezes mais prejudicial que o CO₂. Devido aos impactos ambientais na vida animal, causados pelas mudanças de *habitat* e nos protestos de opinião pública, projetos de construção de grandes hidrelétricas vêm sendo gradativamente abandonados (Tabela 2).

Tabela 2– Comparativo de custos entre energias

TIPO DE RECURSO	CUSTO MÉDIO (CENTAVOS DE US\$/MWH)
Hidrelétrica	20-50
Nuclear	30-40
Carvão	40-50
Gás natural	40-50
Eólica	40-100
Geotérmica	50-80
Biomassa	80-120
Célula combustível a hidrogênio	100-150
Solar	150-320

Fonte: Associação Americana de Energia Eólica (2005)

4.6.2 Uso da Terra

Como as fundações das turbinas, geralmente com 10 m de diâmetro, ficam normalmente enterradas, possibilita qualquer tipo de atividades agrícola próximo à base da torre, sendo possível o aproveitamento de aproximadamente 99% das fazendas eólicas (Figura 25). Não há evidências de que fazendas eólicas interfiram em grande extensão em terras cultiváveis ou agropecuárias (EWEA, 2000).



Figura 25– Prática de atividades agrícolas em parques eólicos (Fonte: NREL, 2001).

4.6.3 Supressão da Vegetação

Durante a construção de usinas eólicas podem ocorrer alguns impactos na fauna e na flora local durante a fase de construção e durante a permanência do empreendimento ou sua exploração, ocorrendo a supressão da vegetação, remoção de terra e compactação do terreno por máquinas. O desmatamento promove a supressão de ambiente com fauna e flora e a fragmentação local dos ecossistemas relacionados. Estudos demonstram que essas atividades geralmente são realizadas em um sistema ambiental de preservação permanente podendo gerar a extinção de setores fixados pela vegetação, bem como a supressão de ecossistemas antes ocupados por fauna e flora específicas (MEIRELES, 2008).

4.6.4 Degradação da Área Afetada

As instalações de usinas eólicas e até mesmo durante seu período de operação podem degradar a área ocupada consideravelmente, com desmatamento, terraplanagem devido à necessidade de criação e manutenção de uma rede de vias de acesso para os aerogeradores.

Os impactos gerados pela terraplanagem estão relacionados à retirada e soterramento da cobertura vegetal, a abertura de cortes transversais e longitudinais e aterros, para a abertura de vias de acesso, área de manobra para caminhões, pás mecânicas e tratores de esteira, durante a preparação do terreno para a instalação do canteiro de obras (FILHO, 2013).

Também impacta a introdução de material sedimentar para impermeabilização e compactação do solo, durante o processo de implantação visando proporcionar o tráfego de veículos sobre a rede de vias de acesso aos aerogeradores, ao canteiro de obras, ao depósito de materiais, ao escritório e ao almoxarifado.

Durante a implantação de usinas geradoras de energia eólica também podem ocorrer interferências em sítios arqueológicos, o que justifica a necessidade que

além de estudos técnicos precedentes, haja também um bom monitoramento da área afetada (FILHO, 2013).

4.6.5 Alteração do Nível do Lençol Freático

Durante a terraplanagem (Figura 26) podem ocorrer alterações do nível hidrostático do lençol freático, influenciando no fluxo de água subterrânea, visto que os cortes e aterros possivelmente serão submetidos a obras de engenharia para a estabilidade dos taludes e as vias compactadas para possibilitar a continuidade do tráfego de caminhões. Outro fator de alteração do nível hidrostático do lençol freático está vinculado à produção de concreto para confecção das fundações das torres eólicas, visto que é elevado o volume de material a ser utilizado. Conseqüentemente há interferência na disponibilidade hídrica local devido ao elevado consumo de água na fabricação do concreto.

O conjunto de impactos ambientais poderá interferir no controle da erosão, dinâmica hidrostática e disponibilidade de água doce, supressão de habitats e alterações da paisagem vinculadas aos aspectos cênicos e de lazer (FILHO, 2013).



Figura 26 - Canteiro de Obras – Parque Eólico Alegria (Fonte: PIRES, 2011)

4.6.6 Impactos Sobre a Fauna

A implantação de uma usina eólica pode gerar de forma direta e indireta danos sobre as aves como risco de colisão com os aerogeradores (rotores, pás e torres de suporte), também podem ocorrer colisões com as linhas de transporte de energia, alteração do sucesso reprodutor, perturbação na migração (mudanças nos padrões de migração), a perda de *habitat* de reprodução e alimentação, além da alteração dos padrões de movimentação e utilização do *habitat* devido à perturbação associada à presença das turbinas. De acordo com Tolmasquim (2004), empreendimentos eólicos fora de rotas de imigração não perturbam os pássaros, e que eles tendem a mudar sua rota de vôo entre 100 a 200 metros, passando acima ou ao redor da turbina.

Já para as populações de morcegos, as turbinas de vento para geração de energia eólica representam uma grande ameaça. A rotação das turbinas causa uma queda da pressão atmosférica na região próxima à extremidade das lâminas, e quando um morcego passa por essa zona de baixa pressão seus pulmões sofrem uma expansão repentina, o que resulta no rompimento dos vasos capilares do órgão causando hemorragia interna, algo similar ao que acontece com mergulhadores que experimentam mudanças repentinas de pressão. Embora alguns sejam afetados por golpes diretos desferidos pelas hélices das turbinas, a principal causa de morte é essa queda repentina de pressão próxima das estruturas dos aerogeradores (MIGRANE, 2004).

As aves (Figura 27) são menos impactadas que os morcegos, pois, graças ao seu sistema respiratório mais robusto, não sofrem com o problema de despressurização (MIGRANE, 2004).

Pintar as pás em cores mais visíveis pode aumentar a sua visibilidade, reduzindo o número de colisões. Mas em termos de mortalidade de aves, a localização da usina eólica, é considerada mais importante (SARAIVA, 2003).

A localização correta de empreendimentos eólicos ajuda a reduzir os efeitos negativos no meio ambiente em alguns grupos faunísticos. Entretanto, os estudos com foco nesses impactos ainda são incipientes (THE NOISE ASSOCIATION, 2006).



Figura 27 - Rota migratória de aves e aerogerador (Fonte: APGVN, 2013)

A implantação de uma usina eólica pode interferir na fauna terrestre, atingindo seus habitats, e também pelo aumento da movimentação e ruído na fase de implantação, o que pode afugentar animais para outras localidades, ocasionando assim, atropelamentos nas rodovias. Porém a fauna terrestre pode retornar ao término das obras. Visitas técnicas realizadas em áreas fundiárias que receberam a construção de usinas eólicas evidenciam o bom convívio de animais com as torres (FILHO, 2014).

4.6.7 Emissão de Ruídos

De acordo com FILHO (2014), os tipos de ruídos produzidos pelas turbinas eólicas são dois, o ruído mecânico de engrenagens e geradores, e o ruído aerodinâmico das pás. O ruído mecânico é proveniente, principalmente, da caixa de engrenagens que multiplica a rotação das pás para o gerador. O ruído aerodinâmico é um fator influenciado diretamente pela velocidade do vento incidente sobre a turbina eólica. Ainda existem vários aspectos a serem pesquisados e testados tanto nas formas das pás quanto na própria torre para a sua redução. Porém, o ruído mecânico vem quase que totalmente sendo eliminado nas novas construções eólicas através do uso de matérias de isolamento. Quanto ao ruído aerodinâmico produzido pela rotação das pás, vem sendo combatido pela eficiência dos projetos mais modernos de usinas eólicas.

Para FILHO (2013), os principais efeitos sobre a saúde de pessoas que vivem próximas aos aerogeradores são vários sintomas que geralmente começam após o funcionamento das usinas eólicas, e incluem:

- ✓ distúrbios do sono;
- ✓ dores de cabeça;
- ✓ zumbido nos ouvidos;
- ✓ pressão nos ouvido;
- ✓ náuseas;
- ✓ tonturas;
- ✓ taquicardia;
- ✓ irritabilidade;
- ✓ problemas de concentração e memória;
- ✓ episódios de pânico com sensação de pulsação interna ou trêmula que surgem quando acordado ou dormindo.

Esses distúrbios tem sua principal causa o efeito da baixa frequência do ruído de turbinas eólicas nos órgãos do ouvido interno (PIERPONT, 2010).

A tabela 3, apresenta resumidamente, o resultado de pesquisas realizadas referente a distância a ser definida entre a torre eólica e as residências próximas, sendo esses valores, em sua maioria de ordem prática, pois nem todos foram regulamentados.

Tabela 3- Distância da Torre para as Residências/Política Adotada

PAÍS	Distância da torre para as residências/Política adotada
Bélgica	150 a 500 metros
República Checa	400 a 800 metros
Dinamarca	4 vezes a altura da torre
França	250 a 500 metros, conforme Ademe
Alemanha	- "Região tranquila" [35 dB (A)]: 1000-1500 m - "Região média" [(40 dB (A))]: 600-1,000 m - "Região padrão" [(45 dB (A))]: 300-600 m
Itália	Algumas regiões têm definido distâncias, outras não. Calabria e Molise: 5 vezes a altura da torre. Basilicata: 2.000 metros. Campania: 10 vezes a altura da torre. Molise: 20 vezes a altura da torre.
Países Baixos	4 vezes a altura da torre
Irlanda do Norte	Mínimo de 500 metros
Romênia	3 vezes a altura do torre, podendo ser menor conforme decisão em audiência pública
Escócia	- Bankend Rigg (aguardando aprovação): pouco mais de 1.000 m - Chapelton (aguardando aprovação): 750 m - Dungavel (aguardando aprovação): 1.000 m - Whitelee (construído): cerca de 1.000 m - Gathercauld Ceres (aguardando aprovação): 572 m - Auchtermuchty (aprovado): 650 m
Espanha	Nacional: legislação aplicada em função do nível do ruído. Regional: as políticas de energia eólica são variadas. Exemplos: Valência: 1.000 metros de qualquer pedaço de terra que pode ser aproveitada. Andaluzia: 500 metros.
Suécia	Aplicável legislação em função do nível de ruído [40 dB (A)]. Na prática, utiliza-se 500 metros.
Reino Unido	Existe um projeto de lei com o seguinte teor: se a altura do gerador de turbina de vento é: superior a 25 metros, mas não exceder 50 metros, há exigência de distância mínima é de 1000 metros; superior a 50 metros, mas não exceder 100 metros, há exigência de distância mínima é de 1.500 metros; superior a 100 metros, mas não exceder 150m, há exigência de distância mínima é 2.000 metros; superior a 150 metros, a exigência de distância mínima é de 3.000 metros. A altura do gerador de turbina de vento é medido desde o solo até o final da ponta da lâmina no ponto mais alto. Não há nenhuma exigência distância mínima se a altura da torre não exceda 25 metros.
Suíça	Documentação de <i>Suisse Eole</i> menciona 300 m da torre, mas cada Cantão ainda está trabalhando em uma política própria.

Fonte: FEAM (2010)

Apesar da ausência de estudos conclusivos, o princípio da precaução justifica a cessação do funcionamento de qualquer usina eólica em zonas habitadas, mesmo que a comunidade local a tenha aceito.

Análises demonstram que, para turbinas com rotores de diâmetros maiores que 20 metros, o ruído mecânico é dominante, e que quanto mais largos os rotores, maior será o ruído aerodinâmico.

Segundo Tolmasquim (2004), a tecnologia atual mostra que é possível a construção de turbinas eólicas com níveis de ruído bem menores, visto que as engrenagens utilizadas para multiplicar a rotação do gerador podem ser eliminadas caso seja empregado um gerador elétrico que funciona em baixas rotações (sistema multipolo de geração de energia elétrica).

4.6.8 Impacto Visual

Com torres de altura superiores a 100 metros e pás com comprimento acima de 30 metros, obviamente alteram visualmente a paisagem. Os estudos de impactos ambientais devem identificar, descrever e avaliar os efeitos do projeto sobre a paisagem.

Nota-se que o impacto visual diminui com a distância. As zonas de visibilidade teórica podem ser definidas como (EWEA, 2000):

- *Zona II* - visualmente intrusivas: as turbinas são elementos importantes na paisagem e são claramente percebidas. O movimento das lâminas é claramente visível e pode atrair os olhos. As turbinas não são necessariamente os pontos dominantes na visão. Distância entre 1 e 4,5 km, em condições de boa visibilidade.
- *Zona III* - Notável: as turbinas são claramente visíveis, mas não intrusivas. A usina eólica é perceptível como um elemento na paisagem. O movimento das lâminas é visível em boas condições de visibilidade, mas as turbinas parecem pequenas no panorama global. Distância entre 2 e 8 km, dependendo das condições meteorológicas.
- *Zona IV* - Elemento na paisagem distante: o tamanho aparente das turbinas é muito pequeno. As turbinas são como qualquer outro elemento na paisagem. O movimento de lâminas geralmente é imperceptível uma distância de mais de 7 km.



Figura 28 - Pintura das torres (Fonte: ENERFÍN, 2013)

Conforme FILHO (2013), mesmo que o impacto visual seja muito específico para o local, algumas características no *design* e implantação das usinas podem ser levadas em consideração de modo a minimizar seu impacto visual:

- o tamanho e tipo similares de turbinas em uma usina eólica ou de várias adjacentes;
- a seleção de *design* de turbinas eólicas (torre, cor) de acordo com as características da paisagem;
- seleção de cor neutra e pintura antirreflexo para torres e pás (Figura 28);
- pintura de camuflagem próximo a instalações militares, para evitar que os aerogerados constituam pontos de referência;
- o uso de três lâminas girando na mesma direção;
- o panorama visual melhora com a distribuição de turbinas em linha.

4.6.9 Corona Visual ou Ofuscamento

Corona visual ou ofuscamento é a quantidade de radiação eletromagnética deixando ou chegando a um ponto sobre uma superfície, o que pode ser minimizado se for utilizado pinturas opacas nas torres e pás (FILHO, 2013).

4.6.10 Interferências Eletromagnéticas

Em alguns casos, os aerogeradores podem refletir as ondas eletromagnéticas, o que pode vir a interferir e perturbar sistemas de telecomunicações. Os campos eletromagnéticos gerados pelas turbinas eólicas podem afetar a qualidade de rádio e telecomunicações, assim como comunicações de micro-ondas, celular, internet e transmissão via satélite. Em relação à comunicação aeronáutica, referente à interferência eletromagnética, os riscos são evitados desde que o projeto contemple uma distância mínima do aeroporto e, ainda, uma área de servidão radioelétrica de ação da torre eólica em relação à rota de navegação da aeronave (TERCIOTE, 2002).

4.6.11 Efeito Estroboscópico dos Aerogeradores

Esse efeito é devido à passagem da luz solar entre as pás, que ocorre no início ou no final do dia quando o sol está mais baixo no céu. O grau de sombreamento intermitente depende da distância da torre, da latitude do local, do período do dia e do ano. Torna-se mais relevante quanto menor for a distância das pás e o receptor, bem como o fato de estar em uma mesma altitude (FILHO, 2013).

O sombreamento intermitente pode causar incômodo e prejudicar pessoas que sofrem de epilepsia, além de náuseas e dores de cabeça nos moradores afetados. É o chamado efeito estroboscópico (PIRES, 2011). O efeito é sentido a uma distância até dez vezes o diâmetro das pás e depende da direção das turbinas eólicas referente às residências.

4.6.12 Interferências Locais

Para a população situada no entorno da área de influência direta, os impactos mais significativos gerados pela execução das obras de construção da usina eólica se relacionam com as interferências locais e as expectativas geradas em razão da efetivação do empreendimento (FILHO, 2013).

Para FILHO (2013), a implantação de uma usina eólica causa alguns desconfortos temporários à população residente próxima as obras, bem como pode interferir no cotidiano da comunidade local: aumento de fluxo de veículos, poluição sonora, insegurança no trânsito, aumento temporário da densidade demográfica local, geração de emprego, dinamização das atividades econômicas e aumento da especulação imobiliária.

O aumento do fluxo de veículos, principalmente de veículos pesados, pode gerar uma insegurança aos motoristas por eventuais desvios e interrupções do tráfego (FILHO, 2013). Para diminuir os transtornos, a empresa de engenharia responsável pela execução da obra deve elaborar um plano detalhado dos procedimentos relacionados à movimentação de veículos, estabelecendo um cronograma que oriente o fluxo destes de forma racional, como a sinalização das obras, o isolamento necessário, instalações de dispositivos de segurança e ainda a divulgação junto às comunidades das atividades que eventualmente interfiram no tráfego.

Nesse plano deve ainda ser observada a capacidade de suporte do pavimento, transportando tanto quanto possível cargas com peso compatível, evitando assim danos à pavimentação das vias, bem como às residências. Para utilização parcial ou total das estradas e acessos existentes, além de um plano de logística de transporte, devem ser avaliadas as melhorias para que as estradas e acessos possam garantir o caráter permanente de tráfego, incluindo alterações e novas construções na estrutura viária. Essas melhorias podem ser um legado do empreendimento à população local, visto que podem facilitar o escoamento de mercadorias e o acesso às propriedades.

O aumento temporário da densidade demográfica local é fator preocupante, pois pode gerar problemas de falta de moradia, vandalismo e prostituição. Para tanto

é necessário à execução de um plano de medidas a ser implantado pela empresa responsável pelas obras e a prefeitura local, visando amenizar esses problemas, conscientizar a população e os empregados e garantir prioridade de emprego para a população local.

Outro impacto a ser gerenciado pela empresa responsável pela execução das obras é referente aos resíduos sólidos e líquidos provenientes das atividades do canteiro de obras e das atividades construtivas. Os resíduos sólidos devem ser manejados adequadamente de acordo com as suas características, ou seja, diferenciando-se os resíduos perigosos, os resíduos não inertes e os resíduos inertes (FILHO, 2013).

Para mitigar este impacto deverá ser implantado o Programa de Gestão Ambiental dos Resíduos Sólidos e Efluentes Líquido, o qual abrangerá o projeto e construção de sistemas de tratamentos de efluentes líquidos e a realização de contrato de prestação de serviço com empresa licenciada para o recolhimento dos resíduos gerados na implantação da usina eólica.

Com relação aos resíduos provenientes da construção civil deverá ser seguido às instruções normativas referentes ao acondicionamento, transporte e destinação final dos diferentes tipos de resíduos gerados durante as obras, em especial a CONAMA nº. 307/2002, que tem como objetivo regras no descarte destes resíduos:

Art. 1º Estabelecer diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, disciplinando as ações necessárias de forma a minimizar os impactos ambientais. (CONAMA, 2002).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a avaliação dos dados pesquisados, pode-se compreender a importância do aproveitamento da energia dos ventos como fonte alternativa para geração de energia elétrica e para o desenvolvimento sustentável e sua importância no cenário mundial, bem como na matriz energética brasileira.

A crescente preocupação com o aumento populacional e a consequente escassez de energia elétrica, apresenta um quadro que necessita o uso de fontes alternativas de energia. Dentre essas alternativas, vem se destacando a energia eólica, pois além de ser considerada uma energia limpa, também é apontada como uma das fontes mais baratas em longo prazo, pois o vento é um bem contínuo e renovável.

Para tanto, se faz necessário investimentos, além do aumento de conhecimento tecnológico, pois mesmo o Brasil sendo um dos países de maior potencial eólico, ainda investe muito pouco neste setor, produzindo ainda muito pouca energia.

Quanto aos impactos, não se justifica o não uso desta fonte, tendo em vista serem muito pequenos diante do custo-benefício para geração de energia, principalmente por que o Brasil passa por um aumento de consumo de energia, e se não for feito nada em relação às fontes alternativas os efeitos podem ser sentidos muito em breve.

O trabalho apresentado teve como limitador a disponibilidade de tempo de pesquisa e de conhecimento sobre o assunto, além ser um tema ainda novo, por isso sugere-se o aprofundamento no tema para que os resultados venham a contribuir com o desenvolvimento da área estudada.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AEROMINI. **Energias Renováveis**. 2009. Disponível em: <http://aeromini.blogspot.com.br/2009/11/vantagens-e-desvantagens-da-energia_26.html>.

Acessado em: 20/02/2014.

AMARANTE, O. A. C. D. et al. **Atlas do Potencial Eólico Brasileiro**. Brasília, 2001. Disponível em: <www.aneel.gov.br/arquivos/pdf/livro_atlas.pdf> Acessado em 20/01/2014.

Associação Americana de Energia Eólica, Wind Blog. **Stanford School of Earth Sciences**. Disponível em: < <http://planetavento.blogspot.com.br/>> Acessado em: 22/01/2014.

AVPGN – Associação Portuguesa de Guardas e Vigilantes. Disponível em: <<http://apgvn.blogspot.pt/2010/05/lagos-parque-eolico-de-barao-de-sao.htm>> Acessado em: 23/12/2013.

BRASIL ALEMANHA NEWS, **Alemanha inaugura parque eólico em alto mar**. Disponível em: < <http://www.brasilalemanhanews.com.br/Noticia.aspx?id=296>>. Acessado em: 10/02/2014.

CHIRAS, D. **Wind Power Basic**. New Society Publishers, 2010. p 180.

CONAMA, Conselho Nacional do Meio Ambiente. **RESOLUÇÃO Nº 307, DE 5 DE JULHO DE 2002**. Disponível em:< <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307>>. Acessado em: 27/02/2014.

CRESESB - CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA SÉRGIO DE SALVO BRITO. **As Energias Solar e Eólica no Brasil**. Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br/content.php?cid=251>>. Acessado em 09/02/20014.

DUTRA, M. R. **Viabilidade técnico-econômica da energia eólica face ao novo marco regulatório do setor elétrico brasileiro**. 2001. 356 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.

DUTRA, R.M. **Energia eólica: Princípios e tecnologia**. Rio de Janeiro: Centro de Referência para energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Britto, 2008. Disponível em <http://cresb.cepel.br/download/tutorial/tutorial_eolica_2008_e-book.pdf> Acessado em 19/01/2014.

DUTRA, Ricardo Marques. **Viabilidade técnico-econômica da energia eólica face ao novo marco regulatório do setor elétrico brasileiro**. 2001. 259f. Tese

(Mestrado em Ciências em Planejamento Energético) – Coordenação dos Programas de Pós-graduação de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001. Disponível em: <<http://www.ppe.ufrj.br/pppe/production/tesis/rmdutra.pdf>> Acessado em 19/01/2014.

ENERFIN - Enerfin Espanha. Disponível em <www.enerfin.es>. Acessado em 28/12/2013.

EWEA - European Wind Energy Association. **Wind Energy - The Facts Environment**, Vol. 4., 2000d. Disponível em: <<http://www.ewea.org>> Acessado em 25/01/2014.

FADIGAS, A. Faria Amaral. **Energia Eólica**. São Paulo: Manole 2011.

FEAM - FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTAL. **Elaboração de Termo de Referência para Licenciamento de Usinas Eólicas**, 2010. Disponível em: <<http://www.feam.br/mudancas-climaticas/publicacoes/>>. Acessado em: 20/12/2013.

FEAM – FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. **Elaboração de Termo de Referência para Licenciamento de Usinas Eólicas**. 2010. Disponível em: <<http://www.feam.br/images/stories/arquivos/mudnacaclimatica/2013/ag-267.pdf>>. Acessado em: 19/02/2014.

FILHO, W. P. B. **Impactos Ambientais em Usina Eólicas**. 2013. Disponível em <<http://www.feam.br/images/stories/arquivos/mudnacaclimatica/2013/ag-267.pdf>>. Acessado em: 19/02/2014.

GWEC – Global Wind Energy Council. Global Statistics, Mexico 2014 Disponível em: <<http://www.gwec.net/global-figures/graphs/>> . Acessado em 17/01/2014.

HAU, E. **Wind Turbines: Fundamentals, Technologies, Application, Economics**. Springer, Berlin, 2006. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/26540/000759732.pdf?sequence=1>> Acessado: 02/12/2013.

JACOBSON, M. Z., MASTERS, G. M. **Exploiting Wind Versus Coal**. Science 293. August, 2001. EWEA - European Wind Energy Association. **Wind Energy - The Facts Environment**, Vol. 4., 2000. Disponível em: <<http://www.ewea.org>> Acessado em 24/01/2014.

JAIN, P. **Wind Energy Engineering**. New York: Mc Graw Hill, 2011. 330 p.

LAGE, L. E.; PROCESSI, L.D. **Panorama do Setor de Energia Eólica**. 2013. Disponível em:

<http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/revista/rev3906.pdf> . Acessado em 27/02/2014.

MARTINS, J. A Força dos Ventos. **Revista O Setor Elétrico**. 2011 Disponível em <www.osetoreletrico.com.br/web/a-revista/edicoes/755-a-forca-dos-ventos.html>. Acessado em 19/01/2014.

MATHEW, S. **Wind Energy: Fundamentals, Resource Analysis and Economics**. Berlin: Springer-verlag. 2006. 246 p.

MEIRELES, A. J. A.. **Impactos ambientais promovidos pela implantação e operação de usinas eólicas em áreas de preservação permanente (APP's) – Os campos de dunas fixas e móveis da planície costeira do Cumbe, município de Aracati, 2008.** Disponível em: <http://wp2.oktiva.com.br/portaldomarb-d/files/2010/08/usinasEolicas_impactos_CUMBE2.pdf>. Acessado em: 01/02/2014.

MIGRAINE, M. V.. **Eoliennes, sons et infrasons: effets de l'eolien industriel sur la sante des hommes, 2004.** Disponível em: <http://docs.wind-watch.org/villey-migraine_eoliennesinfrasons.pdf>. Acessado em: 02/02/2014.

MMA, Ministério de Minas e Energia. **Energia Eólica**. 2014. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/clima/energia/energias-renovaveis/energia-eolica>>. Acessado em 22/02/2014.

NREL - National Renewable Energy Laboratory. **Arquivos de Fotos Maio, 2001.** Disponível em: <<http://www.nrel.gov/>> Acessado em 25/01/2014.

PIERPONT, N.. **Wind Turbine Syndrome, 2010.** Disponível em: <<http://www.windturbinesyndrome.com/img/WTSbrain-color.pdf>>. Acessado em: 28/12/2013.

PIRES, L. F. A.. **Parque Eólico Alegria.** In: Seminário Brazil Windpower 2011, 01 e 02 de setembro de 2011, Rio de Janeiro.

REN21. Renewables 2012 Global Status Report. **Renewable Energy**. Policy Network for the 21st Century. [S.l.], p. 172. 2012. Disponível em <<http://www.ren21.net/>>. Acessado em: 17/01/2014.

RENOVA ENERGIA, **Principais Parques Eólicos do Brasil.** Disponível em: <<http://www.renovaenergia.com.br/pt-br/nossos-negocios/eolica/paginas/operacao.aspx>>. Acessado em: 02/02/2014.

SARAIVA, T. M. P. C. Avaliação do Impacto da Instalação de Parques Eólicos sobre a Avifauna, 2003. Disponível em: <http://www.icnf.pt/NR/rdonlyres/0C00E8B0-E2C8-4CC7-A735-EC69823AD629/0/PNSACVParquesEolicos_Impacto_Avifauna_2003>.

SHUKMAN, D., BBC Brasil - **China dá maior impulso à energia eólica já visto no mundo.** 2014 Disponível em <

http://www.bbc.co.uk/portuguese/noticias/2014/01/140108_china_eolica_mdb.shtml>
Acessado em 19/01/2014.

SPERA, D. A. **Windy Turbine Technology: Fundamental Concepts of Wind Turbine Engineering**. New York: Asme press, 2. ed. 2009. 835 p.

TERCIOTE, R. **A Energia Eólica e o Meio Ambiente**. 2002. Disponível em:
<<http://www.feagri.unicamp.br/energia/agre2002/pdf/0085.pdf>>. Acessado em:
19/02/2014.

TERCIOTE, R. **A Energia Eólica e o Meio Ambiente**. 2002. Disponível em:
<<http://www.feagri.unicamp.br/energia/agre2002/pdf/0085.pdf>>. Acessado em:
19/02/2014.

THE NOISE ASSOCIATION. **Location, Location, Location, An investigation into wind farms and noise by The Noise Association**, 2006. Disponível em:
<<http://www.countryguardian.net/Location.pdf>>. Acessado em: 02/02/2014.

TOLMASQUIM, M. T. **Alternativas Energéticas Sustentáveis no Brasil**. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 1. ed. 2004. 487 p.

VENTOS DO SUL ENERGIA, **Parques Eólicos de Osório**. Disponível em:
<<http://www.ventosdosulenergia.com.br/highres.php#>>. Acessado em: 02/02/2014.

WIKIPEDIA. **Energia Eólica**. 2014. Disponível em:
<http://pt.wikipedia.org/wiki/Energia_renov%C3%A1vel_no_Brasil>. Acessado em:
20/02/2014.

WIKIPEDIA. **Moinhos de Vento**. 2014 Disponível em <
<http://www.portaldeholambra.com.br/moinho.html>>. Acessado em 02/02/2014.

WORLD ENERGY COUNCIL. **New Renewable Energy Resources: Opportunities and Constraints 1990-2020**. London, Kogan Page. 1993. Disponível em:
<http://books.google.com.br/books?id=w_G1GwAACAAJ> Acessado em
01/02/2014.

WWEA - WORLD WIND ENERGY ASSOCIATION Date of Publication: October 2012
acesado http://www.wwindea.org/webimages/Half-year_report_2012.pdf em
13/01/2013.