



# **UNIFAP**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ**

**JOHN EWERTON FRAZAO DA SILVA  
MATHEUS HOMOBOMO NERIS BRITO**

**ESTUDOS DE IMPACTOS SOCIOECONÔMICOS E AMBIENTAIS PARA  
IMPLANTAÇÃO DE UM PARQUE EÓLICO NO AMAPÁ**

MACAPÁ  
2017

**JOHN EWERTON FRAZAO DA SILVA  
MATHEUS HOMOBOMO NERIS BRITO**

**ESTUDOS DE IMPACTOS SOCIOECONÔMICOS E AMBIENTAIS PARA  
IMPLANTAÇÃO DE UM PARQUE EÓLICO NO AMAPÁ**

Projeto de Trabalho de Conclusão de Curso apresentado na Universidade Federal do Amapá – UNIFAP, ao Departamento de Ciências Exatas como requisito básico para conclusão do curso de Engenharia Elétrica, na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso, sob orientação do Prof. Me. Felipe Monteiro.

MACAPÁ  
2017

**JOHN EWERTON FRAZAO DA SILVA  
MATHEUS HOMOBOMO NERIS BRITO**

**ESTUDOS DE IMPACTOS SOCIOECONÔMICOS E AMBIENTAIS PARA  
IMPLANTAÇÃO DE UM PARQUE EÓLICO NO AMAPÁ**

Trabalho de Conclusão de Curso para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia  
Elétrica.

Macapá-AP, 24 de Abril de 2017

**Banca Examinadora:**

**Prof. Me. Felipe Monteiro  
Universidade Federal do Amapá – UNIFAP**

**Prof. Me. Coracyda Silva Fonseca  
Universidade Federal do Amapá – UNIFAP**

**Prof. Dr. José Reinaldo Cardoso Nery  
Universidade Federal do Amapá – UNIFAP**

## DEDICATÓRIA

Dedicamos esse trabalho a Deus e aos nossos familiares que nos deram forças para continuar nessa caminhada árdua em busca da obtenção do título de Engenheiro Eletricista; A minha esposa Claudia que esteve do meu lado em todos os momentos e ao meu filho Henrique que chegou na minha vida para renovar os meus objetivos.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos ao nosso orientador Prof. Me. Felipe Monteiro por toda a paciência, tempo e orientações disponibilizados a nós para que esse trabalho pudesse ser concluído.

Agradecemos ao Prof. Me. Coracy Fonseca e ao Prof. Dr. Reinaldo pelas orientações, sugestões e materiais fornecidos para a conclusão desse trabalho.

Agradecemos aos demais professores do curso de Engenharia Elétrica e a Universidade Federal do Amapá por nos guiar nesse sonho de nos tornarmos Engenheiros Eletricista.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Biblioteca Central da Universidade Federal do Amapá

621.319

S586e Silva, John Ewerton Frazão da.

Estudos de impacto socioeconômico e ambientais para implantação de um parque eólico no Amapá / John Ewerton Frazão da Silva; Matheus Homobono Neri Brito; orientador, Felipe Monteiro. -- Macapá, 2017.

93 p.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) – Fundação Universidade Federal do Amapá, Coordenação do Curso de Engenharia Elétrica.

1. Aerogeradores. 2. Impactos ambientais. I. Brito, Matheus Homobono

## **RESUMO**

Nesse trabalho foi feito um estudo a respeito da implantação de um parque eólico na costa do estado do Amapá, abordando seus impactos econômicos, sociais e ambientais. Foi feita uma pesquisa bibliográfica no sentido de verificar as tecnologias de aerogeradores existentes, abordando sobre suas características e partes constituintes, abordaremos também as dificuldades que as empresas encontrarão em se instalar em um estado que possui a maior parte do seu território protegida pelos órgãos ambientais na esfera federal, estadual e municipal.

Palavras-Chave: Aerogeradores, Parque eólico, Impactos ambientais, Impactos sociais, Impactos econômicos.

## **ABSTRACT**

In this work, a study was carried out regarding the implementation of a wind farm on the coast of the state of Amapá, addressing its economic, social and environmental impacts. A bibliographical research was carried out in order to verify the technologies of existing wind turbines, addressing their characteristics and constituent parts, we will also address the difficulties that companies will find in installing in a state that has the greater part of its territory protected by the environmental agencies in the Federal, state and municipal levels.

Keywords: Wind turbines, Wind farm, Environmental impacts, Social impacts, Economic impacts.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Movimentos das massas de ar.....	15
Figura 2 – Efeito Coriolis sobre a movimentação dos ventos na terra. ....	17
Figura 3 – Movimento de massas de ar no globo terrestre .....	19
Figura 4 – Comportamento do vento.....	20
Figura 5 – Potência instalada e geração por país.....	25
Figura 6 – Potencial eólico estimado para vento médio anual igual ou superior a 7.0 m/s....	26
Figura 7 – Geração em 2014 por UF .....	27
Figura 8 – Geração eólica total e alocada ao Proinfa.....	28
Figura 9 – Peças de montagem das torres eólicas.....	30
Figura 10 – Embarque no barco Cabo Norte.....	30
Figura 11 – Sistema de dessalinização para atender a Vila do Sucuriçu .....	31
Figura 12 – Doação dos tubos para o sistema de dessalinização feito pela CAESA .....	31
Figura 13 – Bomba do sistema de dessalinização.....	32
Figura 14 – Filtros do sistema de dessalinização .....	32
Figura 15 – Painel do sistema de dessalinização .....	33
Figura 16 – Abrigo e reservatórios do dessalinizador .....	33
Figura 17 – Ativação e carga das baterias solares.....	34
Figura 18 – Geradores eólicos sendo fechados para transporte.....	34
Figura 19 – Transporte do material feito pela Balsa Rabelo atracando na Vila de Sucuriçu ..	35
Figura 20 – Equipe de montagem das torres.....	35
Figura 21 – Equipe de montagem dos geradores eólicos .....	36
Figura 22 – Parque eólico montado da Vila de Sucuriçu .....	36
Figura 23 – Inversores SunnyIsland.....	37
Figura 24 – Banco de baterias .....	38
Figura 25 – Caixa de interligação dos geradores eólicos .....	38
Figura 26 – Painéis solares .....	39
Figura 27 – Grupo de inversores fornecendo energia a comunidade.....	40
Figura 28 – Interface de comunicação entre inversores e um computador remoto .....	40
Figura 29 – Mostrador do quadro geral indicando a tensão gerada em cada fase .....	41
Figura 30 – Quadro geral indicando a frequência do sistema.....	41
Figura 31 – Reunião com a comunidade da Vila de Sucuriçu .....	42
Figura 32 – Aerogerador de eixo Horizontal. ....	44
Figura 33 – Turbina de eixo vertical .....	45
Figura 34 –Evolução da turbina .....	46
Figura 35 – Top 10 novas capacidades instaladas de Jan-Dez 2015 .....	47
Figura 36 – Estimativa para o mercado anual por região 2016-2020.....	48
Figura 37 – Componentes da turbina.....	49
Figura 38 – Nacelle de uma turbina eólica.....	49
Figura 39 – Design da lamina de Epoxy de madeira.....	50
Figura 40 – Instalação do conjunto do cubo. ....	51
Figura 41 – Caixa de ferramenta aberta mostrando componentes.....	52
Figura 42 – eixo para realizar a guinada. ....	52
Figura 43 – Gerador assíncrono .....	53

Figura 44 – Torre de uma pequena turbina eolico.....	54
Figura 45 – Rotor gaiola de esquilo.....	56
Figura 46 – Rotor de dois discos .....	56
Figura 47 – Esquema de um GIDA aplicado a uma turbina eólica. ....	58
Figura 48 – Máquina com rotor boninado.....	59
Figura 49 – Esquema do gerador síncrono a imã permanente.....	60
Figura 50 – Modelo SWT-8.0-154 da Siemens. ....	61
Figura 51 – Turbinas eolicas. ....	62
Figura 52 – Parque eólico Ventos de São Clemente, Caetés - Pernambuco.....	67
Figura 53 – Parque eólico de Tianguá - Ceará.....	68
Figura 54 – Parque eólico Ventos do Araripe III – Piauí .....	68
Figura 55 – Interferência de uma turbina eólica em uma transmissão de TV .....	74
Figura 56 – Relação entre a amplitude de frequência e as zonas anatômicas afetadas no corpo humano .....	79
Figura 57 – Mapa do Amapá .....	82

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Estações anemométricas existentes no território nacional em 1980 .....	21
Tabela 2 – Empreendimentos em operação 2016. ....	22
Tabela 3 – as dez maiores usinas hidrelétricas brasileiras, local e potência em capacidade	23
Tabela 4 – Custo do kW Instalado em Reais.....	24
Tabela 5 – Capacidade, garantia física e geração de usinas eólicas em jan./14. ....	26
Tabela 6 – Capacidade, geração, quantidade e fator de capacidade por UF. ....	27
Tabela 7 – Distância mínima entre turbina/residências aplicada na prática.....	70
Tabela 8 – Casos de estupro de 2012 à 2016 no agreste pernambucano .....	80
Tabela 9 – Crimes violentos letais no agreste pernambucano .....	81
Tabela 10 – Crimes violentos contra o patrimônio no agreste pernambucano .....	81

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Principais causas de impactos em aves e morcegos e suas medidas mitigatórias .....	72
Quadro 2 – Estágios da doença vibroacústica .....	78
Quadro 3 – Áreas de proteção ambiental do Amapá .....	84

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AC	Current Alternate
ABEER	Associação Brasileira de Empresas de Energia Renovável
ABEEOLICA	Associação Brasileira de Energia Eólica
ACR	Ambiente de Contratação Regulada
ACL	Ambiente de contratação livre
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CELPE	Companhia de Eletricidade de Pernambuco
CBEE	Centro Brasileiro de Energia Eólica
CCEE	Câmara de Comercialização de Energia Elétrica
CAESA	Companhia de Água e Esgoto do Amapá
CEA	Companhia de Eletricidade do Amapá
CHESF	Companhia Hidroelétrica do São Francisco
CRESESB	Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sergio Brito
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DC	Corrente direta
DVA	Doença Vibroacústica
EIA	Estudo de Impactos Ambientais
ELETRONORTE	Centrais Elétricas do Norte do Brasil S/A
GI	Gerador de Indução
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IEA	International Energy Agency - Agência Internacional de Energia
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente
LED	Lúpus Eritematoso Disseminado
LER	Leilão de Energia de Reserva
ONU	Organização das Nações Unidas
OIT	Organização Internacional do Trabalho
PCH	Pequena Central Hidrelétrica
PDE	Plano Decenal de Expansão de Energia
PROÉOLICA	Programa de Incentivo a contratação de Energia Eólica
PROINFA	Programa de Incentivo as Fontes Alternativas
RBF	Ruído de Baixa Frequência
RIMA	Relatório de Impactos Ambientais
SETEC	Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia
STE	Síndrome da Turbina Eólica
SPDA	Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas
UFMG	Universidade Federal de Campina Grande
UIT	União Internacional de Telecomunicações

## SUMÁRIO

1–INTRODUÇÃO.....	12
1.1 CONTEXTO .....	12
1.2 OBJETIVOS.....	14
1.2.1 Objetivo geral .....	14
1.2.2 Objetivos específicos .....	14
1.3 ORGANIZAÇÃO DO TCC .....	14
2 – ENERGIA EÓLICA.....	15
2.1 VENTO.....	15
2.1.1 Efeito Coriolis .....	16
2.2 Formação dos ventos e Movimentos de massas de ar .....	17
2.3 POTÊNCIA DO VENTO.....	20
2.4 O POTENCIAL EÓLICO BRASILEIRO .....	21
2.5 SISTEMA ELÉTRICO BRASILEIRO.....	22
2.6 SISTEMA EÓLICO BRASILEIRO.....	24
2.7 POTENCIAL EÓLICO NO AMAPÁ .....	28
2.7.1 – O projeto desenvolvido na Vila do Sucuriju .....	29
3 –TECNOLOGIA DE AEROGERADORES.....	44
3.1 INTRODUÇÃO .....	44
3.2 EVOLUÇÃO DO MERCADO (Evolução do Mercado .....	45
3.3 COMPONENTES DA TURBINA EÓLICA.....	48
3.4 GERADOR DE VELOCIDADE FIXA .....	54
3.4.1 Gerador de indução em Gaiola de esquilo.....	55
3.5 GERADOR DE VELOCIDADE VARIÁVEL.....	57
3.6 TENDÊNCIAS E NOVAS TECNOLOGIAS DE TURBINAS .....	60
4 – IMPACTOS SOCIOECONÔMICOS E AMBIENTAIS NA IMPLANTAÇÃO DE UM PARQUE EÓLICO .....	63
4.1 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL PARA GRANDES EMPREENDIMENTOS .....	63
4.1.1 Evolução da Legislação Ambiental No Brasil .....	63
4.1.2 Tipos de Licenças Ambientais.....	65
4.1.3 Passos para obtenção das Licenças Ambientais.....	66
4.2 IMPACTOS VISUAIS .....	66
4.3 RUÍDOS.....	68
4.4 IMPACTOS DE USINAS EÓLICAS SOBRE AS AVES .....	71
4.5 INTERFERÊNCIA DE TURBINAS EÓLICAS EM ONDAS DE RÁDIO E TV .....	73

4.5.1 Difração de ondas por uma Turbina Eólica .....	73
4.5.2 Reflexão das pás de uma Turbina Eólica em um sinal de TV.....	74
4.6 O FENÔMENO “NIMBY” .....	75
4.7 A SÍNDROME DA TURBINA EÓLICA.....	75
4.7.1 Fonte Sonora de Turbinas Eólicas .....	76
4.7.2 Doença Vibroacústica – VDA .....	77
4.7.3 Síndrome da Turbina Eólica .....	78
4.8 IMPACTOS SOCIOECONÔMICOS DE EM EMPREENDIMENTOS GERADORES DE ENERGIA.....	79
4.9 POSSÍVEIS IMPACTOS AMBIENTAIS E SOCIOECONÔMICOS NO ESTADO DO AMAPÁ CASO UM PARQUE EÓLICO VENHA A SER INSTALADO .....	82
4.9.1 Impactos socioeconômicos.....	82
4.9.2 Possíveis Impactos ambientais que seriam causados ao instalar um Parque Eólico no Amapá.....	83
CONCLUSÃO .....	86
BIBLIOGRAFIA.....	88

# 1–INTRODUÇÃO

## 1.1 CONTEXTO

A energia eólica é uma das energias renováveis mais eficientes no cenário atual, seu crescimento no Brasil e no mundo aumenta em ritmo acelerado, no nosso país diversos projetos estão em fase de execução e outros previstos para entrar em operação nos próximos anos.

A energia eólica no Brasil teve início em 1992, nesse ano foi instalado o primeiro aerogerador comercial através de uma parceria entre o Centro Brasileiro de Energia Eólica (CBEE) e a Companhia Energética de Pernambuco (CELPE), esse projeto teve o apoio e financiamento do instituto de pesquisas dinamarquês Folkecenter. A turbina instalada tinha potência de 225 kW, foi instalada em Fernando de Noronha (ANEEL, 2008).

Em 2001 a crise energética fez com que o governo brasileiro apresentasse uma forma de incentivar a contratação de empreendimentos, isso foi feito através de um programa chamado de PROÉOLICA, um programa emergencial que tinha o objetivo de contratar 1050 MW até o fim do ano de 2003, como o programa não teve muito sucesso foi substituído posteriormente pelo Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA), esse programa foi um passo importante para a indústria de componentes e turbinas eólicas no país, a partir daí surgiram os Leilões de Energia de Reserva conhecidos como LER, ocorrido no fim de 2009, foram contratados 1,8 GW, abrindo portas para novos leilões que ocorreram nos anos seguintes, em 2010 o LER contratou 2GW, porém esse leilão não tratou apenas de energia eólica, foi mais abrangente e abriu espaço para outras fontes renováveis, isso continuou se repetindo. A energia eólica atualmente, 2017, conta com 10,4 GW distribuídos em 414 parques eólicos, representando cerca de 6,89% da matriz energética brasileira. Até o fim de 2016 o Brasil tinha 136 parques eólicos estão em construção, com isso a potência que será acrescentada será da ordem de 3,1 GW (ANEEL, 2017), o que deve elevar a participação eólica na matriz energética brasileira. Esses parques estão distribuídos principalmente por três regiões: Nordeste, Sudeste e Sul. O Nordeste tem grande destaque no setor sendo um dos maiores produtores desse tipo de energia, com advento de novas tecnologias a possibilidade de instalação aumentou bastante, pois os equipamentos modernos se adaptam a velocidades de ventos mais baixas do que os que eram produzidos no

início da implantação no Brasil. Isso é um fator importante pois permite que regiões fora da costa também se tornem propícias a receber investimentos no setor, é o caso de Pernambuco que apresentou velocidade de ventos melhores no interior do que na costa litorânea, é o caso do agreste de Pernambuco que no dia 30 de maio de 2016 teve seu parque eólico conhecido como “Ventos de São Clemente”, esse complexo é formado por oito parques eólicos distribuídos por cidades como Caetés, Venturosa, Pedra e Capoeiras, foram instalados 126 aerogeradores com capacidade instalada de 216 MW, o investimento que mudou a característica dos municípios, trouxeram investimentos em torno de 1,1bilhão de reais, o que proporcionou uma geração de renda para as famílias locais(CASA DOS VENTOS,2016).

O Brasil tem se tornado cada vez mais interessante em termos de investimentos internacionais, após a implantação do PROINFA, instituída pela lei nº 10.438/2002, teve o objetivo de aumentar a participação de fontes alternativas renováveis (PCH, usinas eólicas, empreendimentos termoelétricos a biomassa) na produção de energia elétrica, privilegiando empreendedores que não tenha vínculos societários com concessionárias de geração, transmissão e distribuição.

A evolução tecnológica tem causado um aumento gigantesco no consumo de energia elétrica, praticamente todo o equipamento de utilidade doméstica necessita de energia para funcionar, o crescimento populacional aliado a migração das pessoas para as cidades a partir do século XVIII com o advento da revolução industrial, contribuiu para o aumento do consumo. Isso será cada vez mais visível com a troca da frota automotiva que se dará nos próximos anos, temos nas indústrias de automóveis projetos para num universo de apenas 20 anos a incorporação de carros movidos a eletricidade como parte da frota que hoje roda movida a combustíveis fósseis, estima-se que em 2050 teremos 40% da frota movida exclusivamente a eletricidade, com certeza isso trará um grande impacto para o consumo de energia elétrica nos países, assim com a previsão da escassez de recursos baseados em hidrocarbonetos a procura de novas fontes de energia se torna imprescindível para o mundo moderno, logo será necessário aproveitar e implantar vários tipos de energias renováveis, pois estas se destacam por apresentar um potencial inesgotável, limpo e eficiente para ajudar o sistema hídrico a suprir toda a demanda que tem se apresentado nos últimos anos. Isso mostra a importância do trabalho visto que o Amapá não está imune as mudanças no padrão de consumo elétrico e se não for feito um planejamento a curto e médio prazo sofrerá as consequências da falta dessa preparação podendo ocasionar o racionamento da distribuição energética nesse estado e atrasando o uso de novas tecnologias mais limpas e com investimentos a longo prazo mais viáveis do que aumento de capacidade de usinas hidrelétricas. Visto que os investimentos em energia eólica são imprescindíveis nos próximos anos, é necessário estudar sobre os impactos que esses parques eólicos trarão para as comunidades, sejam eles sociais, econômicos e ambientais, para que possamos responder perguntas como: O estado do Amapá, tendo a maior parte do seu território protegido por lei ambiental, é viável para projetos de parques eólicos de grande porte? Qual o impacto que uma instalação desse nível trará para comunidades que sobrevivem atualmente da pesca

e da agricultura familiar? Quais as principais dificuldades que as empresas encontrarão para desenvolver seus projetos em solo amapaense?

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo geral

Analisar os impactos sociais, econômicos e ambientais que um parque eólico trará às comunidades da costa Amapaense.

### 1.2.2 Objetivos específicos

- Conhecer o mercado atual de energia eólica no Brasil e no mundo.
- Mostrar as tecnologias aplicadas na fabricação de aerogeradores modernos.
- Apresentar os tipos de modelos de motores existentes e usados na energia eólica atualmente.
- Acompanhar a crescimento do mercado de energias renováveis no Brasil e no Mundo.
- Mostrar os passos para implantar um parque eólico.
- Apresentar os problemas enfrentados pelo setor público e privado na implantação de novas formas de geração de energia, dentre elas a eólica.
- Analisar as dificuldades que empresas do setor de geração eólica encontrarão para desenvolver projetos de grande porte em um estado com mais de 70% do seu território protegido por lei ambiental.

## 1.3 ORGANIZAÇÃO DO TCC

O TCC está organizado da seguinte forma:

- Capítulo 1: Contexto, justificativa e objetivos;
- Capítulo 2: O Sistema eólico brasileiro, o sistema elétrico brasileiro, o potencial eólico brasileiro e o potencial eólico do Amapá;
- Capítulo 3: Tecnologia de aerogeradores evidenciando suas novas tecnologias e tipos de motores;
- Capítulo 4: Trata dos aspectos socioeconômicos e ambientais do uso da energia eólica;
- Capítulo 5: Trata da conclusão do trabalho com as considerações feitas a partir dos temas abordados.

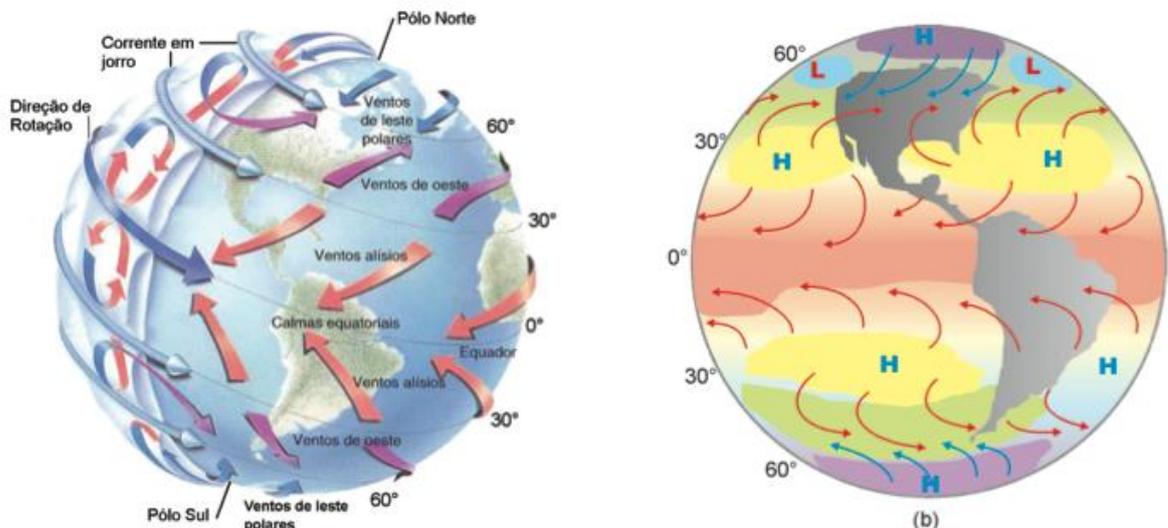
## 2 – ENERGIA EÓLICA

### 2.1 VENTO

Todo projeto de parques eólicos inicia com o estudo detalhado das condições de vento do local. Nesse estudo desse ser feita uma análise das distribuições de ventos, da velocidade e da frequência dos ventos na localidade onde será instalado o projeto, esse estudo é feito através de medições com torres anemométricas.

Os ventos presentes na terra são causados pelo aquecimento diferenciado da atmosfera. Essa não uniformidade no aquecimento da atmosfera deve ser creditada a orientação dos raios solares e aos movimentos da terra. Regiões tropicais, que recebem raios solares quase que perpendicularmente, são mais aquecidas que regiões polares, assim o ar quente que se encontra nas baixas altitudes das regiões tropicais tende a subir, sendo substituídas pela massa de ar mais fria que se desloca das regiões polares (ZAVATTINI, 2009). O deslocamento das massas de ar determina a formação dos ventos. A figura 1 mostra os movimentos das massas de ar.

Figura 1 - Movimentos das massas de ar.



Fonte: Atlas eólico, 2001.

Existem locais no globo nos quais os ventos não cessam, pois os mecanismos que os produzem, aquecimento no Equador e resfriamento nos polos, estão sempre presentes na natureza. Esses ventos são chamados de planetários ou constantes, são classificados em:

- Alísios: Ventos que sopram dos tópicos para o Equador, em baixas altitudes.
- Contra-Alísios: Ventos que sopram do equador para os polos, em altas altitudes.

- Ventos do Oeste: Ventos que sopram dos trópicos para os polos.
- Polares: Ventos frios que sopram dos polos para as zonas temperadas.

### 2.1.1 Efeito Coriolis

A força ou efeito de Coriolis é um sistema de referência em rotação uniforme, em que corpos em movimento, quando vistos por um observador no mesmo referencial, aparecem sujeitos a uma força perpendicular à direção do seu movimento. Essa força foi descoberta pelo engenheiro francês Gustave-Gaspar Coriolis, no século 19, seu estudo serve de base para exemplificar diversos efeitos na terra, essa força influencia diretamente nos movimentos das massas de ar (HALLIDAY, 2012). Essa força faz com que as nuvens girem no sentido anti-horário no hemisfério norte e horário no hemisfério sul, isso ocorre porque a terra possui uma velocidade angular constante, porém no Equador a velocidade escalar da terra é muito maior do que a velocidade escalar nos polos, assim do equador para o polo norte há uma deflexão para a direita enquanto do Equador para o polo Sul há uma deflexão para a esquerda. Esse efeito Coriolis não é aplicável a pequenas distâncias, porém como os ventos são continentais eles sofre efeito dessa força.

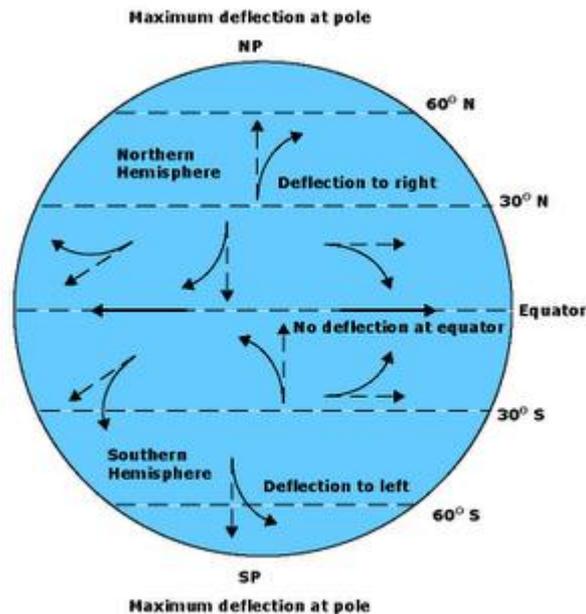
Logo podemos definir o efeito Coriolis no regime dos ventos como a força capaz de causar desvio no vento devido a rotação da terra. Essa força pode ser determinada pela expressão:

$$F_{cr} = 2m(\vec{v} \times \vec{\omega})$$

Onde  $m$  é a massa da partícula,  $V$  é a velocidade da partícula em relação ao sistema não inercial e  $\omega$  a sua velocidade angular (HALLIDAY, 2012).

A figura 2 mostra o efeito Coriolis na deflexão dos ventos no globo terrestre.

Figura 2 - Efeito Coriolis sobre a movimentação dos ventos na terra.



Fonte: HALLIDAY, 2012.

### 2.2.2 Formação dos ventos e Movimentos de massas de ar

A terra está inclinada de 23° em relação ao plano de sua órbita em torno do sol, assim variações sazonais na distribuição de radiação recebida na superfície da terra resultam em variações sazonais na intensidade e duração dos ventos, em qualquer local da superfície terrestre. Como resultado surgem os ventos periódicos que mudam de direção a cada seis meses aproximadamente (CRESESB, 2008).

As monções são ventos periódicos que mudam de direção a cada seis meses, eles sopram em determinada direção em uma estação do ano e em sentido contrário em outra estação. Em função das diferentes capacidades de refletir, absorver e emitir o calor recebido do sol, inerentes a cada tipo de superfície e surgem as brisas que são caracterizadas por serem ventos periódicos que sopram do mar para o continente (ZAVATTINI, 2009). No período diurno à maior capacidade de refletir raios solares, a temperatura do ar aumenta e forma-se assim uma corrente de ar que sopra do mar para a terra conhecida como brisa marítima. À noite, a temperatura da terra cai mais rapidamente do que a da água, dessa forma ocorre a brisa terrestre que sopra da terra para o mar. Normalmente, a intensidade da brisa terrestre é menor do que a brisa marítima devido à menor diferença de temperatura que ocorre no período noturno (CRESESB, 2008).

As movimentações das massas de ar de uma forma geral processam-se em regime turbulento sendo assim a velocidade instantânea do vento é descrita como um valor médio acrescido de um desvio a partir da média flutuação, tal que:

$$v = V + v'$$

Onde  $V$  é a velocidade média do vento e  $v'$  é a flutuação. Na prática leva-se em consideração apenas a intensidade da velocidade média  $V$ , pois a maioria dos instrumentos de medição, devido a sua configuração, filtra as flutuações e fornece apenas o valor da velocidade média (CRESESB, 2008).

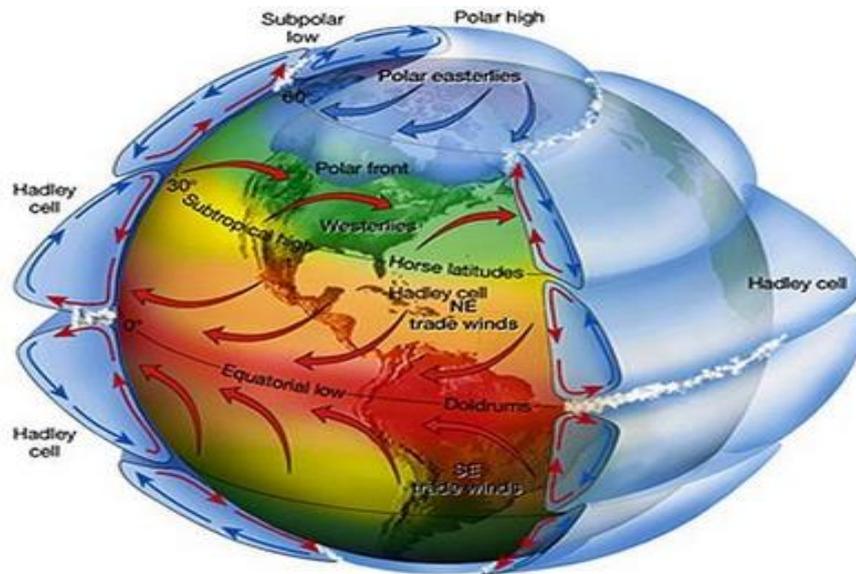
A direção do vento também é um importante parâmetro a ser analisado, pois mudanças de direção frequentes indicam situações de rajadas de vento, que serve de auxílio na determinação da localização das turbinas em um parque eólico.

Do ponto de vista do aproveitamento de energia eólica é importante definir as variações temporais da velocidade dos ventos, dentre elas temos as anuais, sazonais, diárias e de curta duração (CRESESB,2008).

- **Variações Anuais** - Para se ter um bom conhecimento do regime de vento local é importante fazer medições por vários anos, isso torna os dados mais confiáveis.
- **Variações Sazonais** - O aquecimento não uniforme da superfície terrestre resulta em significativas variações no regime dos ventos, considerando que a potência varia com o cubo da velocidade do vento, uma pequena variação na velocidade implica numa grande variação na potência.
- **Variações diárias** - São causadas pelo aquecimento não uniforme da superfície da terra, elas são importantes na escolha mais adequada para instalação do sistema eólico, ao comparar a evolução da velocidade média ao longo do dia percebe-se uma variação de um mês para o outro.
- **Variações de Curta Duração** – Estão associadas às pequenas flutuações quanto às rajadas de vento, a princípio essas flutuações não são consideradas na análise do potencial eólico de uma região, é importante observar essas flutuações pois somada a turbulência do vento podem afetar a integridade estrutural do sistema eólico, devido a fadiga que ocorre nas pás da turbina.

A figura 3 mostra como se dão a movimentação das massas de ar no globo terrestre.

Figura 3 - Movimento de massas de ar no globo terrestre



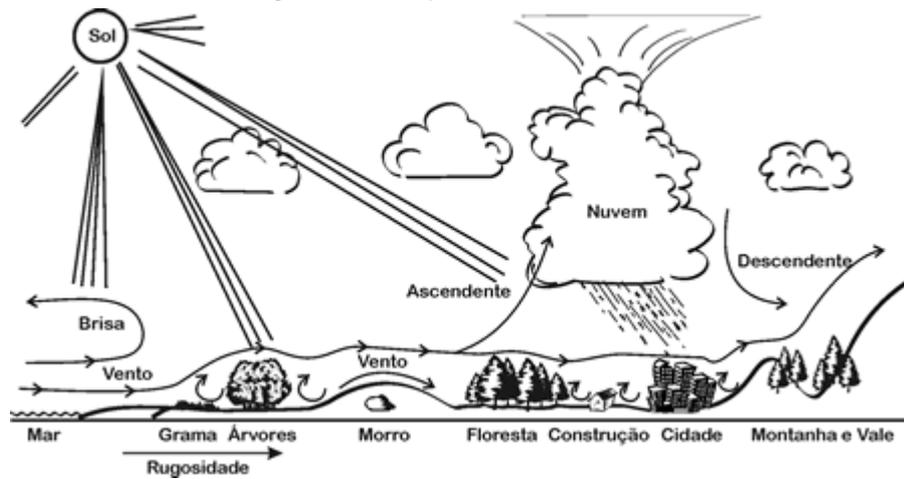
Fonte: CRESEB, 2008.

O comportamento do vento é um fator que é influenciado pela variação de velocidade do vento ao longo do tempo, porém as características topográficas da região também influenciam no comportamento, uma vez que há diferenças de velocidade de uma área para a outra, assim para determinar onde uma turbina eólica será instalada é necessário levar em consideração parâmetros regionais que influenciam nas condições de vento (CRESEB, 2008), destacam-se dentre esses parâmetros:

- A variação da velocidade com a altura;
- A rugosidade do terreno, caracterizada pela vegetação, utilização da terra e construções;
- Presença de obstáculos nas redondezas;
- Relevo que pode causar efeito de aceleração e desaceleração no escoamento do ar.

A figura 4 mostra o comportamento do vento na terra, de acordo com os diferentes tipos de vegetação (Rugosidade).

Figura 4 - Comportamento do vento



Fonte: CRESESB, 2008.

### 2.3 POTÊNCIA DO VENTO

Considere uma massa de ar  $m$ , com velocidade  $V$ , que flui através da área  $A$  de varredura de uma turbina que apresenta o formato de círculo. A energia cinética presente nessa massa de ar é dada por:

$$E = \frac{mv^2}{2}$$

Onde:

$E$  = energia [J];

$m$  = massa de ar [Kg];

$v$  = velocidade do vento [m/s].

A potência dessa massa de ar é dada pela derivada da energia em relação ao tempo.

$$P = \dot{E} = \frac{\dot{m}v^2}{2}$$

Onde:

$P$  = Potência [W];

$E$  = Fluxo de energia [J/s];

$m$  = Fluxo de massa de ar [Kg/s].

Sendo o fluxo de massa de ar dado por :

$$\dot{m} = \rho v A_t$$

Onde:

$$\rho = \text{massa específica do ar} \left[ \frac{Kg}{m^3} \right]$$

$$A_t = \text{área da seção transversal} [m]$$

Assim temos que a potência do vento é dada por:

$$P = \dot{E} = \frac{\rho A_t v^3}{2}$$

Dessa forma percebe-se que a potência é diretamente proporcional ao cubo da velocidade, logo qualquer alteração na velocidade de vento fará a potência aumentar ou diminuir consideravelmente. (HALLIDAY, 2012).

## 2.40 POTENCIAL EÓLICO BRASILEIRO

O avanço tecnológico computacional tem propiciado ferramentas valiosas no estudo do potencial eólico brasileiro com a utilização de dados anemométricos colhidos em diversas regiões do país, isso tem dado base para a criação de um banco de dados extenso nesse estudo. Desde os anos 70 o potencial eólico do país vem sendo objeto de estudo, esse estudo foi inicialmente desenvolvido nos aeroportos brasileiros pelo Instituto de Atividades Espaciais, esse instituto registrou velocidade de vento entre 4m/s e 10m/s, com esses dados a viabilidade técnica de projetos eólicos se tornou uma realidade, assim as primeiras turbinas eólicas foram localizadas no litoral do Nordeste, o Arquipélago de Fernando de Noronha abrigou turbinas de pequeno porte que serviram de estudo, eram turbinas entre 2kW e 5kW em parceria com um instituto de pesquisa da Alemanha, o DFVLR-IBK. Na década de 80 a Companhia Hidroelétrica do São Francisco - CHESF fez um inventário sobre o potencial eólico do Nordeste, os dados foram recolhidos através de registros anemométricos, os dados foram recolhidos durante um período de cinco anos, de 1977 a 1981 eram estações que foram colocadas a 10 metros de altura, 81 estações foram usadas nessa etapa do projeto (CRESESB, 2008).

Em 1979 a Eletrobrás apresentou um atlas preliminar do potencial eólico brasileiro, foram colocados em funcionamento 389 estações anemométricas. A tabela 1 mostra as estações anemométricas no Brasil em 1980.

Tabela 1 - Estações anemométricas existentes no território nacional em 1980

Instituto Nacional de Meteorologia	319
Ministério da Aeronáutica	51
CEMIG - Cia. Energética de Minas Gerais	10
PORTOBRÁS - Empresa de Portos do Brasil	2
Eletrobrás	2
COPEL - Cia. Paranaense de Energia	2

onte: ANEEL, 2008.

Os estudos realizados nos estados do Rio Grande do Norte e Ceará apontaram um potencial de 9,55 TWh/ano e 2,96 TWh/ano, esses estudos foram realizados através de simulações computacionais realizados com curvas de desempenho de turbinas de 500 kW e 600 kW, essa simulação indicou que seriam necessários a ocupação de 10% dos litorais desses estados (CRESESB, 2008). A partir daí vários estados apresentaram atlas com estudos do potencial de cada região. A região norte e principalmente o Amapá ainda é bastante carente nesse tipo de estudo.

## 2.5 SISTEMA ELÉTRICO BRASILEIRO

Com mais de 7 mil Km de litoral e condições climáticas bastante favoráveis o Brasil possui um dos maiores e melhores potenciais energéticos do mundo (ANEEL, 2008), porém apesar de todo esse potencial cerca de 64% da energia elétrica produzida é proveniente de geração hidrelétrica, com o aumento da demanda e escassez de precipitações pluviométricas aliadas a restrições socioeconômicas e ambientais que impedem à expansão do sistema, indica que o país terá que nos próximos anos, que fortalecer seu suprimento de energia elétrica através de fontes alternativas, como o potencial eólico e solar do país está entre os maiores do mundo os projetos desses setores se tornaram cada vez mais abundantes por todas as regiões do país, grandes complexos de produção de energia tem sido instalados pelo Nordeste, Sul e Sudeste do Brasil.

Atualmente 64% de toda a eletricidade produzida no país são produzidas pelas usinas hidrelétricas (ANEEL, 2017), porém o recente processo de reestruturação do setor elétrico brasileiro tem dado maior espaço para projetos alternativos de produção energética. A lista descreve toda a geração do país distribuída pelas diversas fontes de produção de energia do país, a presente informação é mostrada na tabela 2 a seguir.

Tabela 2 – Empreendimentos em operação 2016.

Tipo	Quantidade	Potência Outorgada (kW)	Potência Fiscalizada (kW)
CGH	586	484.139	485.801
EOL	414	10.195.738	10.439.542
PCH	439	4.947.382	4.936.727
UFV	42	27.008	23.008
UHE	219	101.138.278	92.605.229
UTE	2926	42.676.623	41.049.194
UTN	2	1.990.000	1.990.000
TOTAL	4628	161.459.168	151.529.501

Fonte: ANEEL, 2017.

Legenda: CGH – Centrais Geradoras Hidrelétricas, EOL – Eólica, PCH – Pequenas Centrais Hidrelétricas, UFV – Usinas Fotovoltaicas, UHE – Usinas Hidrelétricas, UTE - Usinas Termoelétricas eUTN – Usinas Termonucleares.

O Brasil é um dos países com maior potencial hidráulico do mundo, esse potencial está estimado em 260 GW, boa parte desse potencial está na Bacia Hidrográfica do Amazonas, ela corresponde a 70% do potencial total brasileiro. (ANEEL, 2008). A tabela 3 indica as dez maiores usinas hidrelétricas do Brasil, seu local e a capacidade de geração. A princípio a enorme quantidade de usinas termoelétricas pode causar espanto se tratando de um país que possui recursos naturais para desenvolver energia através de fontes renováveis, porém elas são importantes para dar segurança ao sistema elétrico em caso de perda de potência de outros tipos de energia da matriz, sendo assim é necessário ter esse tipo de energia presente na matriz atual.

Tabela 3 – as dez maiores usinas hidrelétricas brasileiras, local e potência em capacidade

Nº	Nome	Rio	Estado	Capacidade
01	<u>Usina Hidrelétrica de Itaipu Binacional</u>	<u>Rio Paraná</u>	 <u>Paraná</u> e  <u>Alto Paraná (Paraguai)</u>	14 000 MW
02	<u>Usina Hidrelétrica de Belo Monte</u>	<u>Rio Xingú</u>	 <u>Pará</u>	11 233 MW
03	<u>Usina Hidrelétrica de Tucuruí</u>	<u>Rio Tocantins</u>	 <u>Pará</u>	8 370 MW
04	<u>Usina Hidrelétrica de Jirau</u>	<u>Rio Madeira</u>	 <u>Rondônia</u>	3 750 MW
05	<u>Usina Hidrelétrica Santo Antônio</u>	<u>Rio Madeira</u>	 <u>Rondônia</u>	3 568 MW
06	<u>Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira</u>	<u>Rio Paraná</u>	 <u>São Paulo</u> e  <u>Mato Grosso do Sul</u>	3 444 MW
07	<u>Usina Hidrelétrica de Xingó</u>	<u>Rio São Francisco</u>	 <u>Alagoas</u> e  <u>Sergipe</u>	3 162 MW
8	<u>Usina Hidrelétrica de Paulo Afonso IV</u>	<u>Rio São Francisco</u>	 <u>Bahia</u>	2 850 MW
09	<u>Usina Hidrelétrica de Itumbiara</u>	<u>Rio Paranaíba</u>	 <u>Goiás</u> e  <u>Minas Gerais</u>	2 082 MW
10	<u>Usina Hidrelétrica Teles Pires</u>	<u>Rio Teles Pires</u>	 <u>Mato Grosso</u> e  <u>Pará</u>	1 820 MW

Fonte: ANEEL, 2017.

Porém a demanda não para de crescer em um país que concentra atualmente 84,35% da população na zona urbana (IBGE,2010) e boa parte delas vivendo nas periferias das grandes cidades, as condições climáticas provocadas pela intervenção humana, os problemas ambientais para expansão do sistema hidroelétrico e o consumo exagerado de energia elétrica desafia o governo a promover utilização de fontes alternativas de geração de energia elétrica, dentre elas a eólica, solar, biomassa e nuclear.

## 2.6 SISTEMA EÓLICO BRASILEIRO

Assim como a energia hidráulica, a energia eólica tem sido utilizada há muito tempo, para bombeamento de água, moagem de grãos entre outras aplicações, mas somente no fim do século XIX ela foi usada para a geração de energia elétrica, após a crise do petróleo ocorrida em na década de 70 houve interesse em projetos em escala comercial (ANEEL, 2008). O custo do kW instalado sempre foi um entrave para viabilizar projetos em larga escala desse tipo de geração de energia, mas isso vem mudando com o passar dos anos, como mostra a tabela 4 a seguir:

Tabela 4 – Custo do kW Instalado em Reais

ANO	2006	2009	2010
R\$/kW INSTALADO	7497	4913	4313

Fonte: RICOSTI, 2011.

As empresas do setor têm desenvolvido projetos para melhorar sistemas de transmissão, melhorar aerodinâmica e estratégias de controle e operação, esse fato aliado a implantação de indústrias de componentes em território brasileiro tem feito o custo diminuir bastante ao longo dos anos. O governo tem desenvolvido programas de incentivo a esse setor, isso tem permitido o crescimento acelerado da energia eólica no país. Vários projetos entraram em operação desde 2014 e novos projetos já estão em fase de execução, principalmente no Nordeste brasileiro que acaba de inaugurar mais um complexo eólico no interior de Pernambuco chamado de Ventos de São Clemente distribuídos por Caetés, Capoeiras e Pedra cidades do interior desse estado(CASA DOS VENTOS, 2016), o fato de esses projetos serem instalados no interior do país mostra que o potencial eólico do país é gigante, pois no princípio acreditava-se que somente o litoral teria capacidade de geração de energia eólica, mas estudos estão sendo desenvolvidos por diversas regiões do país e nos próximos anos teremos outras regiões no interior do Brasil que serão contempladas com a implantação desse tipo de energia, enriquecendo a matriz energética brasileira e desenvolvendo regiões com alto déficit de desenvolvimento humano.

Para coletar dados são necessários levantamentos específicos, empresas estão se instalando em diversas regiões do país e coletando os dados de velocidade de vento. O Brasil tem atualmente um cenário favorável para a produção de energia elétrica através do aproveitamento eólico, o mapeamento por isolinhas das velocidades médias indicou a tendência de velocidade em torno de 5 m/s a 6 m/s a uma altura de 10 metros tanto no interior quanto no litoral brasileiro (RAMOS; SEIDLER, 2011). Segundo a Organização Mundial de Meteorologia, apenas 13% da superfície terrestre apresenta tais condições. Em 2015 a energia eólica no Brasil atingiu 21,37 TWh (ABEEÓLICA, 2015)

A geração mundial de energia elétrica através de turbinas eólicas em 2014 foi de 841,2 TWh (MME, 2014). A figura 5 mostra a geração e a potência instalada por país em 2014.

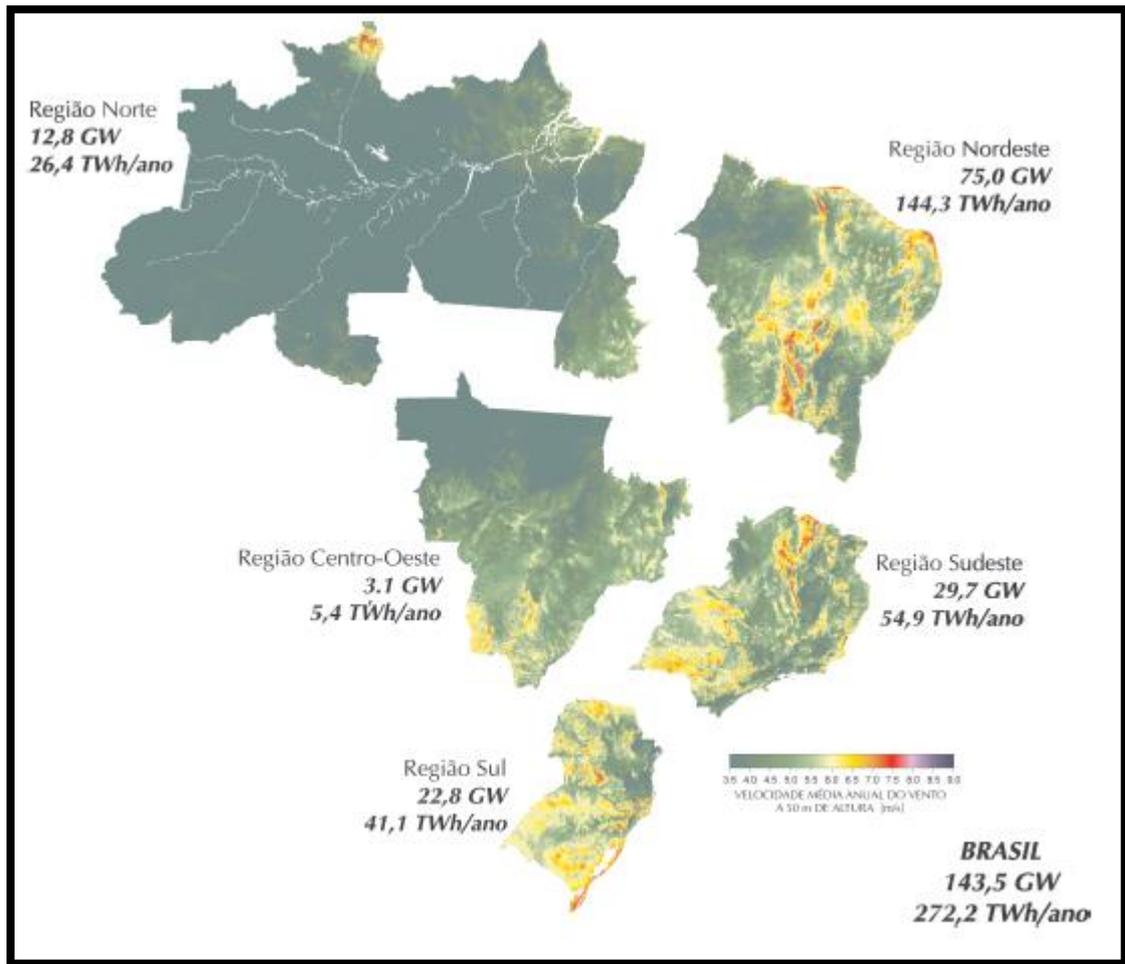
Figura 5 – Potência instalada e geração por país.

Mundo - Potência Instalada e Geração por País (2014)					
País	Geração (TWh)	% do Total Gerado no País	Potência Instalada (MW)	Fator de Capacidade (%)	Expansão no Ano (MW)
EUA	192,9	4,5	74.740	31	8.594
China	185,1	3,1	145.109	16	30.500
Alemanha	88,0	14,6	45.018	24	5.825
Espanha	49,3	18,2	23.025	24	-
Índia	41,4	3,1	25.088	20	2.623
Reino Unido	40,4	12,8	14.191	34	1.204
Canadá	24,6	3,9	11.190	27	1.506
Brasil	21,6	3,5	7.633	38	2.745
França	20,2	3,7	10.269	23	932
Suécia	16,6	10,7	6.126	33	602
Itália	14,7	5,4	9.126	19	423
Dinamarca	14,3	44,6	4.932	34	154
Portugal	11,6	21,7	4.815	28	132
Turquia	11,6	4,6	4.503	34	873
Polônia	10,8	6,8	5.150	27	1.265
Austrália	10,7	4,3	4.436	29	380
México	7,9	2,6	3.224	32	714
Holanda	7,5	5,2	3.422	27	546
Romênia	7,0	11,9	2.985	27	23
Irlanda	6,6	24,8	2.546	31	224
Outros	58,5	0,8	27.195	26	3.565
<b>Total</b>	<b>841,2</b>	<b>3,5</b>	<b>434.722</b>	<b>23,8</b>	<b>62.829</b>
<b>%/total*</b>	<b>3,5</b>		<b>7,0</b>		<b>27,0</b>
*% da eólica sobre os totais mundiais					

Fonte: MME, 2014.

O CRESESB – Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito, órgão da Eletrobrás, Governo Federal, estima que o potencial eólico brasileiro gire em torno de 143.000 MW. Segundo estudos divulgados em 2001, o potencial brasileiro estava distribuído de acordo com a figura 6 a seguir:

Figura 6 – Potencial eólico estimado para vento médio anual igual ou superior a 7.0 m/s



Fonte: CRESESB, 2008.

A energia eólica no Brasil é comercializada pela Câmara de Comercialização de Energia Elétrica –CCEE, por meio do PROINFA, nos leilões do ACR (Ambiente de Contratação Regulada) e no ACL (Ambiente de Contratação Livre).

A tabela 5 apresenta de capacidade, garantia física e geração, em janeiro de 2014.

Tabela 5 – Capacidade, garantia física e geração de usinas eólicas em jan./14.

Tipo de Comercialização	Capacidade instalada (MW)	Garantia Física (MW méd)	Geração (MW méd)
Proinfa	965	0	344
Leilão	817	328	300
ACL	430	56	119
Total	2.221	384	763

Fonte: ANEEL, 2014.

A tabela 6 apresenta o número de usinas eólicas, a capacidade instalada, a geração e o fator de capacidade médio por unidade federativa, no mês de janeiro de 2014.

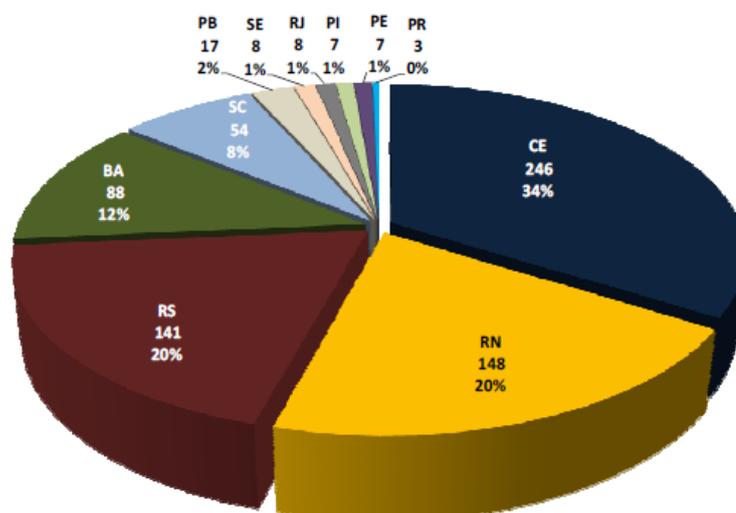
Tabela 6 – Capacidade, geração, quantidade e fator de capacidade por UF.

UF	Capacidade instalada (MW)	Quantidade de Usinas	Geração (MW méd)	Fator de Capacidade Médio
CE	673	20	288	0,43
RS	489	17	110	0,22
RN	421	13	166	0,39
BA	233	8	105	0,45
SC	222	10	42	0,19
PB	59	12	18	0,29
SE	35	1	6	0,19
RJ	28	1	12	0,42
PE	21	5	8	0,37
PI	18	1	7	0,39
PR	2	2	2	0,16
TOTAL	2.211	90	763	0,35

Fonte: ANEEL, 2014

A figura 7 mostra o gráfico que apresenta os montantes gerados, em MW médios e o percentual de participação de cada estado na geração média, em 2014.

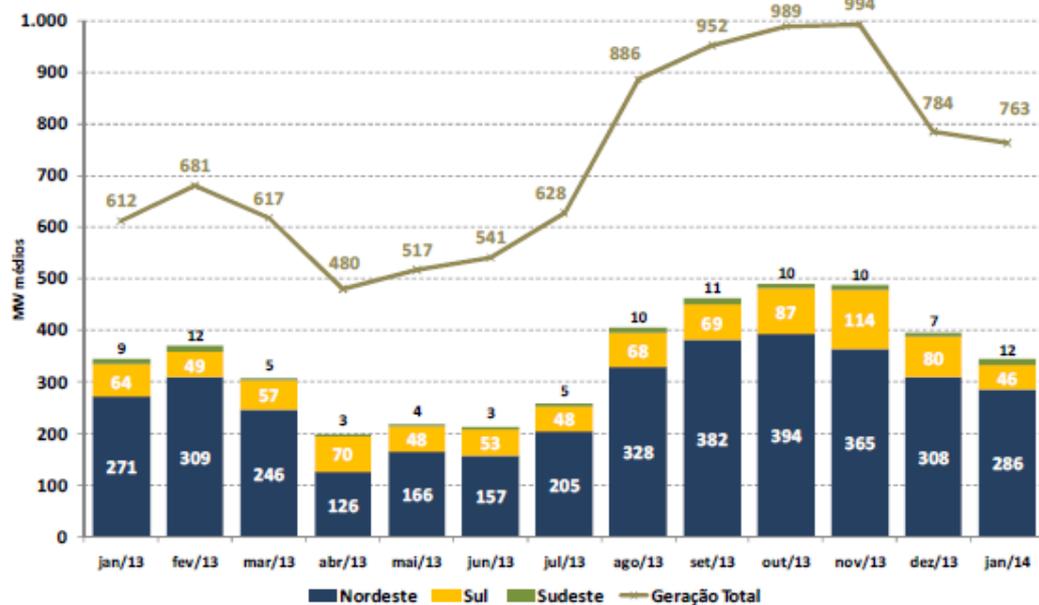
Figura 7 – Geração em 2014 por UF



Fonte: CRESEB, 2014.

A figura 8 mostra o gráfico que apresenta a evolução da geração destinada ao PROINFA, por mercado.

Figura 8 – Geração eólica total e alocada ao PROINFA



Fonte: ANEEL, 2014.

A geração tem aumentado a cada ano, um mercado em crescimento acelerado com margens boas de lucros tem atraído para nosso país a atenção de grandes fabricantes e grandes empresas do ramo de energia eólica do mundo, nossas condições climáticas favoráveis e uma longa faixa litorânea com potencial eólico ainda inexplorado fazem com que os investimentos no setor se tornem cada vez mais constantes, é o caso da região Norte que ainda não tem projetos de larga escala, porém as perspectivas é que em breve empresas do setor pensem em projetar e executar parques na região.

## 2.7 POTENCIAL EÓLICO NO AMAPÁ

Ainda não existem estudos avançados do potencial eólico no Amapá, os poucos estudos que foram desenvolvidos se restringiram a medições feitas nas localidades da Praia do Goiabal e na fazenda Santo Antônio em Macapá em 2001 (COSTA, 2006). Esses resultados, porém não apresentaram dados que justificassem a instalação e geração industrial de energia elétrica. O único projeto que foi executado foi o da Vila do Sucurijú, uma pequena vila de difícil acesso que sobrevive basicamente da agricultura e pesca. A vila é banhada pelo Rio Sucurijú muito próximo do oceano atlântico, devido a proximidade com o oceano atlântico os poços cavados nas redondezas fornecem água salobra que é imprópria para consumo. O problema do difícil acesso faz com que a comunidade não seja beneficiada por programas governamentais, isso justificou a implantação do projeto nessa vila. Esse projeto foi desenvolvido por uma parceria entre a ELETRONORTE,

Universidade Federal de Pernambuco, do Pará e de Campina Grande, com financiamento do Ministério de Minas e Energia, esse projeto é formado por um conjunto de placas fontes fotovoltaicos com capacidade de 10 kWp, um conjunto de turbinas eólicas com 50 kW, dois grupos de geradores de 30 kVA e um banco de baterias de 100 kWh (COSTA, 2006). Através de um poço perfurado no local o objetivo era fazer a dessalinização 20 litros de água por dia para cada habitante da vila. Contudo não se pode afirmar que o estado possua ou não possua potencial eólico para projetos em larga escala devido a falta de estudos aprofundados de velocidade de ventos em diversos pontos do território, com a evolução tecnológica das turbinas eólicas e aproveitamentos dos locais de forma eficiente, mesmo em locais com baixa velocidade de vento são capazes de gerar energia elétrica, prova disso está em projetos como os ventos de São Clemente (CASA DOS VENTOS, 2016) localizado no interior de Pernambuco que gera energia elétrica a partir da velocidade de vento em torno de 4m/s.

### 2.7.1 – O projeto desenvolvido na Vila do Sucuriju

A vila de Sucuriju está localizada na foz do Rio Sucuriju, no litoral nordeste do Amapá, a cerca de 13 horas de viagem, por barco, da cidade do Amapá, esse município é a sede principal e a cidade mais próxima da vila. Devido à falta de infraestrutura no município do Amapá como portos e trapiches, por exemplo, todo material e equipamentos do sistema foram transportados diretamente das cidades de Santana e Macapá para vila de Sucuriju por via fluvial através da embarcação de pesca Cabo Norte, pertencente à comunidade da vila, nessa embarcação foram transportados as peças de montagem, materiais e equipamentos, a Eletronorte, empresa responsável pela montagem do sistema, ofereceu o apoio técnico e logístico. A SETEC – Secretaria de Estado de Ciência e Tecnologia amapaense fez a doação do combustível para a viagem.

A opção de transportar todos estes materiais diretamente de Santana e Macapá para Sucuriju tem a vantagem de facilitar o embarque dos objetos nos barcos, esse transporte foi feito através de caminhões “munch”, em contra partida a desvantagem é o alongamento da viagem, em torno de 48 horas de Macapá para Sucuriju, isso dependendo das condições climáticas e de marés (SETEC, 2009).

O projeto foi desenvolvido em etapas e contou com a participação da ELETRONORTE – Centrais Elétricas do Norte do Brasil S/A, SETEC – Secretaria do Estado de Ciência e Tecnologia do Amapá, CAESA – Companhia de Água e Esgoto do Amapá, UFCG – Universidade federal de Campina Grande. O cronograma de atividades começou a ser efetivado em novembro de 2007 com o envio das primeiras torres do sistema eólico. Nesta ocasião a ELETRONORTE realizou o transporte de 30 peças de montagem de torres do sistema eólico do Almoxarifado Central do Amapá que fica localizado em Macapá, esse transporte foi feito até o Igarapé da Fortaleza que fica situado em Santana. As peças seguiram para o Sucuriju através da embarcação Cabo Norte (SETEC, 2009). As figuras 9 e 10 mostram o transporte do material até a embarcação.

Figura 9 – Peças de montagem das torres eólicas



Fonte: SETEC, 2009.

Figura 10 – Embarque das bases da torre para transporte de barco



Fonte: SETEC, 2009.

Após essa etapa foi feita uma ação integrada entre ELETRONORTE, CAESA e SETEC em uma nova viagem, organizada para o envio de equipamentos do sistema de dessalinização.

Uma equipe técnica acompanhou a viagem, essa equipe foi liderada pelo professor Kepler França da Universidade Federal de Campina Grande. Essa equipe passou duas semanas na Vila de Sucuriju para fazer a montagem e testes de funcionamento do sistema de dessalinização e ainda foi feito o treinamento dos moradores da Vila que seriam os responsáveis pela manutenção do sistema (SETEC, 2009). As figuras 11 e 12 mostram como foi feito o transporte do sistema de dessalinização que atenderia a Vila.

Figura 11 – Sistema de dessalinização para atender a Vila do Sucuriju



Fonte: SETEC, 2009.

Figura 12 – Doação dos tubos para o sistema de dessalinização feito pela CAESA



Fonte: SETEC, 2009.

Em dezembro de 2007 foi feita uma inspeção ao abrigo do sistema híbrido de energia e dessalinização, nessa ocasião esteve presente o Engenheiro Silvio Luiz da empresa Metrodata, contratada para executar as instalações elétricas no abrigo do sistema. O objetivo era obter os dados como resistividade do solo e medidas dos espaços onde ficarão os equipamentos, para projetos de aterramento, SPDA- (Sistema de Proteção conta Descargas atmosféricas) e elétrico. Também uma inspeção no sistema de dessalinização (SETEC, 2009). As figuras 13, 14, 15 e 16 mostram os itens que foram verificados na visita técnica.

Figura 13 – Bomba do sistema de dessalinização



Fonte: SETEC, 2009.

Figura 14 – Filtros do sistema de dessalinização



Fonte: SETEC, 2009.

Figura 15 – Painel do sistema de dessalinização



Fonte: SETEC, 2009.

Figura 16 – Abrigo e reservatórios do dessalinizador



Fonte: SETEC, 2009.

Em janeiro de 2008 foi feita a preparação dos geradores eólicos e acessórios para transporte via balsa até a Vila de Sucuriju e a ativação das cargas das baterias, num total de 60. Foram aproximadamente cinco dias de cargas para cada grupo de 16 baterias, com corrente de carga baixa, conforme recomendação do fabricante, sob supervisão técnica do Engenheiro Eletricista Silvio Luiz da empresa Metrodata.

As figuras 17 e 18 mostram a carga feita nas baterias e o acondicionamento dos geradores eólicos (SETEC, 2009).

Figura 17 – Ativação e carga das baterias solares



Fonte: SETEC, 2009.

Figura 18 – Geradores eólicos sendo fechados para transporte



Fonte: SETEC, 2009.

Em fevereiro e março de 2008 foram montados as torres e os geradores eólicos na Vila de Sucuriju, foram necessárias duas viagens de balsa com capacidade de 60 toneladas, para que os módulos, cabos de aço, parafusos, peças

de montagem, material de construção das bases das torres, chegassem com segurança na Vila. Nessa viagem foram transportados 60 baterias solares e 5 geradores eólicos (SETEC, 2009). As figuras 19, 20, 21 e 22 mostram o transporte e a montagem dos geradores eólicos.

Figura 19 – Transporte do material para Vila de Sucuriju



Fonte: SETEC, 2009.

Figura 20 - Montagem das torres



Fonte: SETEC, 2009.

Figura 20 – Montagem dos geradores eólicos



Fonte: SETEC, 2009.

Figura 21 – Parque eólico montado da Vila de Sucuriju



Fonte: SETEC, 2009.

Em maio e junho foram feitos a montagem dos painéis solares, sistema SPDA e inversores, nessa etapa foi feita a instalação dos equipamentos eletroeletrônicos e

montagem dos painéis solares, instalação elétrica do abrigo e a interligação elétrica dos geradores eólicos (SETEC, 2009). Foram instalados:

- 9 inversores SunnyIsland
- 6 inversores SunnyBoy
- 3 bancos de baterias, totalizando 56 baterias de 460 Ah.
- 201 painéis solares, totalizando 17 KWp.
- Sistema de aterramento e SPDA
- Circuitos de CA e CC.

As figuras 23, 24, 25 e 26 mostram como foi feita as instalações dos painéis solares, inversores e banco de baterias.

Figura 22 – Inversores SunnyIsland



Fonte: SETEC, 2009.

Figura 23 – Banco de baterias



Fonte: SETEC, 2009.

Figura 24 – Caixa de interligação dos geradores eólicos



Fonte: SETEC, 2009.

Figura 25 – Painéis solares



Fonte: SETEC, 2009.

Em julho de 2008 foi feita a etapa de testes para verificar a compatibilidade dos padrões adotados pelas companhias do estado, CEA e CAESA, responsáveis pelos sistemas de água e eletricidade (SETEC, 2009). Nessa etapa foram feitos:

- Comunicação dos sistemas;
- Automação e controle do sistema;
- Carga e descarga do banco de baterias;
- Tensão e potência geradas pelos módulos solares e geradores eólicos;
- Seccionamento da rede de distribuição elétrica;
- Medições de qualidade de energia nas residências.

Na ocasião também foi feita a orientação aos moradores da Vila, foram abordados temas como:

- Uso de energia elétrica sem desperdícios;
- Preservação do sistema híbrido;
- Treinamento para operação do sistema.

As figuras 27, 28, 29, 30 e 31 mostram os inversores usados, a interface de comunicação dos inversores, a montagem dos quadros e a reunião com os moradores da Vila de Sucuriju.

Figura 26 – Grupo de inversores fornecendo energia a comunidade



Fonte: SETEC, 2009.

Figura 27 – Interface de comunicação entre inversores e um computador remoto



Fonte: SETEC, 2009.

Figura 28 – Mostrador do quadro geral indicando a tensão gerada em cada fase



Fonte: SETEC, 2009.

Figura 29– Quadro geral indicando a frequência do sistema.



Fonte: SETEC, 2009.

Figura 30 – Reunião com a comunidade da Vila de Sucuriju.



Fonte: SETEC, 2009.

Devido ao Sistema Híbrido não estar completo, pois ainda não estão disponíveis os grupos geradores e rede elétrica em média tensão (13,8KV) prevista no projeto foi necessário seccionar a rede elétrica existente, dividindo a Vila em duas partes. Então foram analisadas duas situações distintas:

1. Parte da Vila passa a ser energizada pelo Sistema Híbrido e passa por um período de testes de 12 horas com a carga total das residências.

Resultados: O Sistema se mostrou estável e conseguiu atender de forma satisfatória todas as casas durante todo o período de testes. Medições nas residências apontam excelente qualidade de energia.

2. Toda a Vila é energizada pelo Sistema Híbrido e passa por um período de testes de 12 horas com carga total das residências.

Resultados: O Sistema se mostrou estável, porém de forma razoável e somente nos períodos em que existe incidência solar nos painéis fotovoltaicos. Ao anoitecer o sistema não consegue se manter somente com os geradores eólicos e banco de baterias. Medições nas residências apontam baixa qualidade de energia nas casas do final da rede.

Os resultados dos testes e ensaios apontam excelente qualidade de energia durante o dia, quando a Vila não está com sua carga total, porém ao anoitecer quando as lâmpadas são ligadas e não há geração solar, o sistema ainda não consegue se manter sem interrupção do fornecimento de energia.

A solução seria termos a instalação dos geradores a diesel para compensar a falta energia solar até que o banco de baterias se recupere e passe a assumir junto com a geração eólica a carga da Vila novamente. Além disso, é fundamental que se execute a implantação da nova rede de Distribuição Elétrica em média tensão. A elevação da tensão poderá compensar a queda de tensão na rede e teríamos menos perdas de potência do sistema. Através destas implantações poderíamos ter o fornecimento de energia com qualidade em toda a Vila, como visa o projeto de Eletrificação com Sistema Híbrido de Energia da Vila de Sucuriju. Após esse período o sistema ainda receberia quatro visitas técnicas (SETEC, 2009).

A primeira visita ocorreu em outubro de 2008 onde foram analisados:

- Prédio dos equipamentos;
- Bancos de baterias;
- Torres, geradores eólicos e módulos fotovoltaicos;
- Sistema de dessalinização;
- Conjunto de comando do sistema de geração híbrido;
- Coleta de dados dos Inversores.

A segunda visita ocorreu em novembro de 2008 onde foram analisados:

- Inspeção do banco de baterias.
- Inspeção do Dessalinizador.

A terceira visita ocorreu em janeiro de 2009 onde foram analisados:

- Dessalinizador: Verificar e se possível corrigir vazamentos e motores-bomba travados;
- Sistema Híbrido: Restabelecer o funcionamento do sistema e troca dos cabos de 70 e 120mm<sup>2</sup> dos bancos 01 e 03 respectivamente, instalados provisoriamente durante os testes de funcionamento.

A quarta visita ocorreu em fevereiro de 2009 onde foram analisados:

- Reposição dos dois conjuntos (motor-bomba) da estrutura do sistema;
- Teste de funcionamento após reposição;
- Limpeza dos contatos elétricos dos botões acionamento (botoeira) dos motores elétricos (oxidação por exposição à umidade);
- Acompanhamento do funcionamento do sistema na produção de água potável;
- Avaliação do funcionamento geral do sistema para possíveis melhorias e/ou correções.

Após esse período o sistema não passou mais por manutenção e hoje se encontra quase abandonado.

## 3 –TECNOLOGIA DE AEROGERADORES

### 3.1 INTRODUÇÃO

A energia eólica é produzida pela movimentação do ar, na forma de vento, onde se encontra em abundância, é uma energia renovável, é limpa, e está disponível em toda a face terrestre.

Uma turbina eólica é um dispositivo que explora a energia cinética do vento convertendo-a em energia mecânica útil. Ele consiste basicamente em rotação de superfícies aerodinâmicas (lâminas) montado num conjunto de cubo/eixo, que transmite a potência mecânica produzida para o um utilizador de energia selecionado (por exemplo, uma máquina de trituração, uma bomba ou um gerador). Um controle do sistema é geralmente fornecido para ajustar ângulos de lâmina e posição do rotor para enfrentar o vento devidamente. Todas as unidades são suportadas por uma estrutura de torre rígida, que eleva o rotor acima a camada limite da Terra. Existem dois tipos comuns: eixo horizontal e eixo vertical turbinas eólicas. No primeiro, que dominam os mercados de hoje, as pás giram em torno de um eixo, perpendicular à torre no seu topo, enquanto que no último eles giram em torno da torre próprio eixo. De fato, as turbinas eólicas têm sido usadas há milhares de anos para impulsionar barcos e Navios e fornecer energia rotativa para reduzir os fardos físicos do homem. A figura 32 mostra uma turbina de eixo horizontal.

Figura 31 – Aerogerador de eixo Horizontal.



Fonte: GETTYIMAGES, 2015.

Com turbinas eólicas de eixo vertical, o eixo desta turbina está perpendicular ao solo. Onde uma de suas vantagens é produzir mesmo em condições tumultuosas do vento. Essas turbinas são alimentadas por ventos provenientes de todos os 360 graus ao redor dela, e até mesmo algumas turbinas chegam a ser alimentadas por ventos que sopram por baixo dela. Devido a esta versatilidade, turbinas eólicas de eixo vertical são pensadas para ser ideal para instalações onde as condições do vento não são de forma consistentes, ou devido as ordenanças públicas onde a turbina não pode ser colocada alta o suficiente para beneficiar do vento constante. A figura 33 mostra um dos tipos de turbinas com eixo vertical.

Figura 32 – Turbina de eixo vertical



Fonte: WINDPOWER, 2012.

Em contra partida, as turbinas de eixo horizontal, paralelo ao solo, domina a maioria da indústria eólica. São utilizadas nas aplicações de ventos fortes, a vantagem deste vento horizontal é que ele é capaz de produzir mais eletricidade a partir de uma determinada quantidade de vento, ou seja, se o objetivo for produzir o máximo de vento possível em todos os momentos, o eixo horizontal é provavelmente a melhor escolha para a ocasião. Sua desvantagem é que em ventos muito turbulentos a sua turbina não produz de forma eficiente.

### 3.2 EVOLUÇÃO DO MERCADO

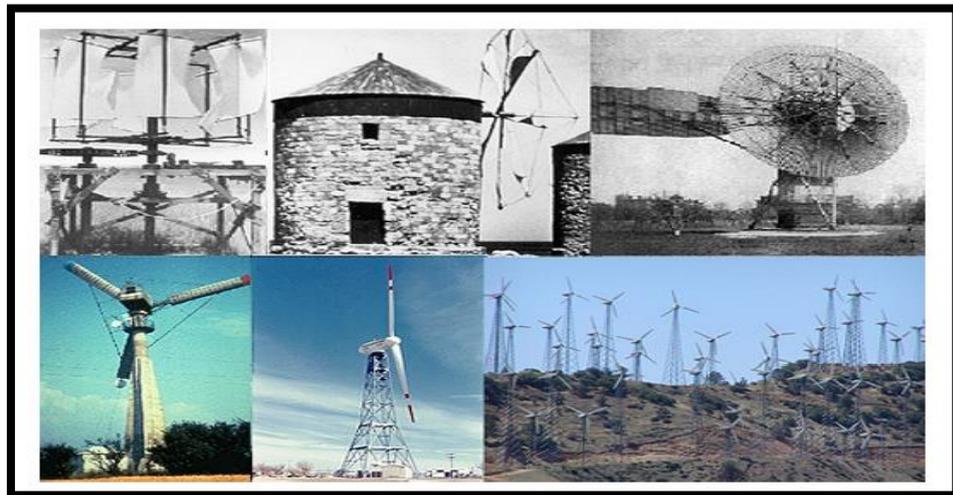
Há séculos atrás, quando a tecnologia da energia eólica estava em suas primeiras etapas reais, e embora os dispositivos de vento mais simples datam de milhares de anos atrás, com os moinhos de eixo vertical encontrados nas fronteiras Persa-Afegãs em torno de 200 aC, os moinhos de eixo horizontal da Holanda e do Mediterrâneo seguindo muito mais tarde (1300 e 1875 dC ). A evolução posterior e a perfeição destes sistemas foram realizadas nos EUA. A partir do século XIX, ou seja, quando mais de 6 milhões de pequenas máquinas foram utilizadas para o bombeamento de água entre 1850 e 1970. Por outro lado, (Uma turbina eólica de baixa velocidade e alta solidez de 12 kW) foi instalada em Cleveland, Ohio, em 1888, enquanto nas idades mais recentes da Primeira Guerra Mundial, o uso de máquinas de 25 kW em toda a Dinamarca foi generalizado. O

desenvolvimento futuro de geradores eólicos nos EUA foi inspirado no projeto de hélices de avião e asas monoplano, enquanto os esforços subsequentes na Dinamarca, França, Alemanha e Reino Unido (durante o período entre 1935 e 1970) mostraram que turbinas eólicas de grande escala poderiam funcionar.

Os desenvolvimentos europeus continuaram após a Segunda Guerra Mundial, na Dinamarca, a turbina Gedser de 200 kW, com três pás, foi operada com êxito até o início da década de 1960, enquanto que na Alemanha foram desenvolvidas uma série de projetos avançados de eixos horizontais, com os dois conceitos acima ditados Mais tarde emergindo nos anos 70.

Um dos marcos mais importantes da história da energia eólica coincide com o envolvimento do governo dos EUA na pesquisa e desenvolvimento de energia eólica após a crise do petróleo de 1973. Depois, nos anos entre 1973 e 1986, o mercado de WT comercial evoluiu de Doméstica e agrícola (1-25 kW) para aplicações de parques eólicos interconectados (50-600 kW). Neste contexto, o primeiro surto de penetração de energia eólica em grande escala foi encontrado na Califórnia, onde foram instalados entre 1981 e 1990 mais de 16.000 máquinas, que variam de 20 a 350 kW (um total de 1,7 GW), como resultado dos incentivos (como os créditos federais de investimento e energia) concedidos pelos EUA governo. No norte a Europa, por outro lado, as instalações eólicas aumentaram progressivamente nos anos 80 e 90, com o aumento do custo da electricidade e dos excelentes recursos eólicos que conduziram à criação de um mercado pequeno mas estável. Depois de 1990, a maior parte da actividade do mercado deslocou-se para a Europa, com os últimos vinte anos a colocar a energia eólica na primeira linha da cena global com os principais actores de todas as regiões do mundo. A figura 34 mostra a evolução das turbinas eólicas ao longo dos anos.

Figura 33–Evolução da turbina



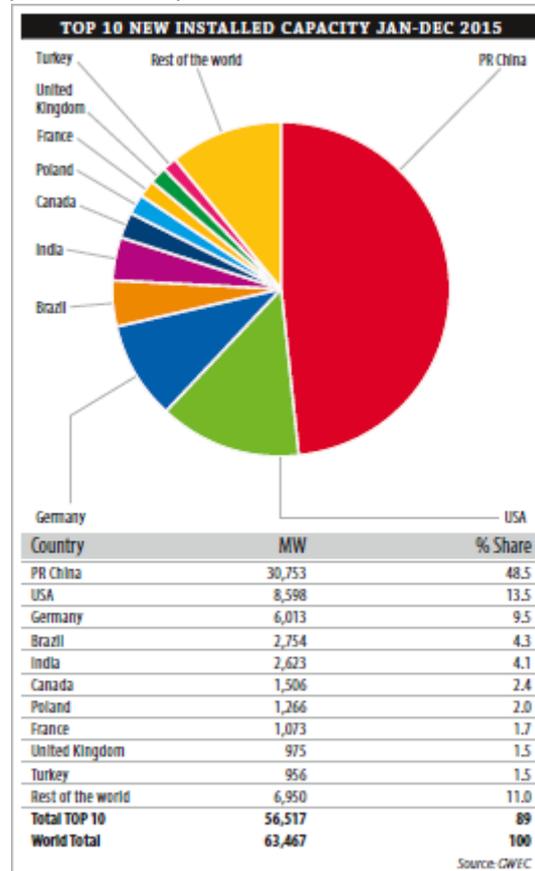
Fonte: KALDELLIS, 2011.

Nos dias atuais, percebe-se que os países vêm desenvolvendo técnicas, evoluindo a tecnologia das turbinas, criando programa de incentivos, para encorajar empresas e órgãos à utilizar fontes de energia renováveis em grande ou pequena escala para o desenvolvimento do seu país.

Na energia eólica, nota-se um grande aumento de investimentos, onde que em 2015, foi um ano sem precedentes para a indústria eólica, já que as instalações anuais ultrapassaram a marca de 60 GW pela primeira vez na história e mais de 63

GW de nova capacidade eólica foram colocadas em linha. O último registro foi estabelecido em 2014, quando mais de 51 GW de nova capacidade foi instalado em nível global (GWEC, 2015). A figura 35 mostra a capacidade instalada de produção de energia eólica em 2015.

Figura 34– Top 10 novas capacidades instaladas de Jan-Dez 2015



Fonte: GWEC, 2015.

O novo total global de energia eólica no final de 2015 foi de 432.9 GW, o que representa um crescimento acumulado do mercado superior a 17%. Este crescimento foi impulsionado por um surpreendente número de novas instalações de 30.753 MW na China; A indústria global de energia eólica instalou 63.467 MW em 2015, representando um crescimento anual de mercado de 22% (GWEC, 2015).

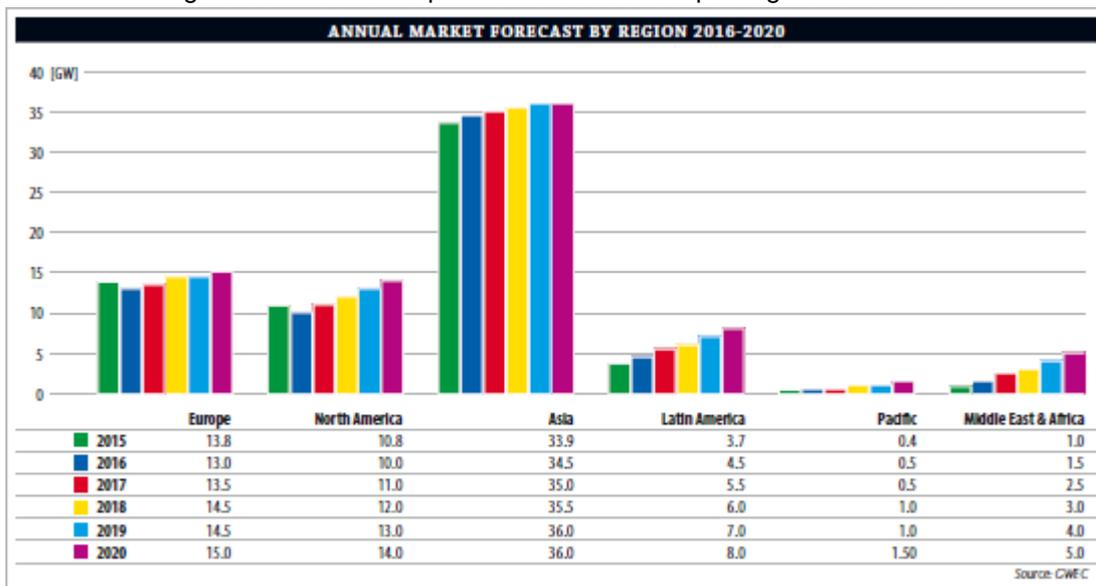
Após quebrar recordes em 2014, a indústria eólica se surpreendeu ao quebrar um recorde de novo em 2015, que é um aumento de 22% do mercado anual e passando a marca de 60 GW pela primeira vez em um ano. Onde quem mais contribuiu foi a China, com um aumento de 30.8 GW, e também Europa e Estados Unidos tem surpreendido com os seus fortes investimentos no setor de eólica, e o continuo desenvolvimento do Canadá, Brasil, México, entre outros novos mercados que continuam crescendo.

Estudos indicam que a Ásia, continuará no topo de investimentos e instalações em energia eólica, em um período de 2016-2020, ocupando pelo menos 50% do mercado atual, supondo que esse domínio continue até o fim da década, a Europa continuará em seu ritmo constante em direcção às suas metas para 2020, embora a crescente incerteza política possa significar alguns obstáculos no seu caminho, já o México, o Canadá e os EUA todos em uma base política forte, a

América do Norte deve continuar seu forte crescimento para o resto da década (GWEC, 2015).

A América Latina continuará sendo impulsionada em grande parte pelo Brasil, embora haja contribuições crescentes de diversos mercados, incluindo um grande novo mercado potencial na Argentina. África e Oriente Médio continuam a diversificar-se, embora a curto prazo seja dominada pela África do Sul, Egito e Marrocos, com o Quênia e a Etiópia próximos. A região do Pacífico regressará a um crescimento substancial com um período de estabilidade política na Austrália (GWEC, 2015). A figura 36 mostra a estimativa para o mercado anual por região do globo terrestre.

Figura 35– Estimativa para o mercado anual por região 2016-2020



Fonte: GWEC, 2015.

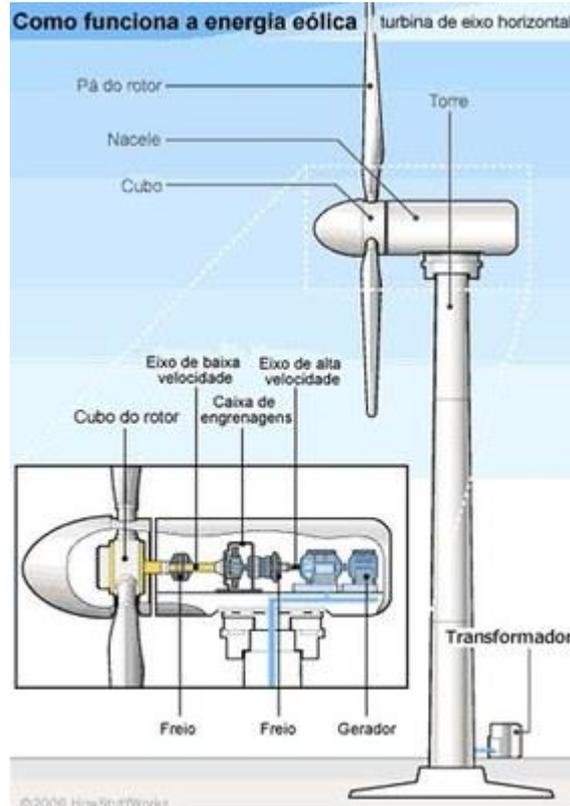
### 3.3 COMPONENTES DA TURBINA EÓLICA

As primeiras máquinas de vento variavam em suas potências nominais de 50 a 100 kW, com diâmetros de rotor de 15 a 20 metros. As turbinas eólicas comerciais têm agora classificações superiores a 1 MW e as máquinas para aplicações terrestres e offshore têm potências de potência nominal de 5 e até 7-10 MW de potência nominal para aplicações de vento off-shore.

Parques eólicos em grande escala tem duas principais vantagens. Eles são mais baratos e eles fornecem mais energia. Seu rendimento energético é melhorado em parte porque o rotor está localizado mais alto do chão e assim intercepta ventos de alta velocidade, e em parte porque eles são mais eficientes. A produtividade das máquinas de 600 kW é cerca de 50% maior do que a das máquinas de 55 kW. A confiabilidade melhorou constantemente com fabricantes de turbinas eólicas garantindo disponibilidade de 95% (GTREI, 2016).

Os sistemas de energia eólica incluem os seguintes componentes principais: o rotor e suas pás, o conjunto do cubo, o eixo principal, o sistema da caixa de engrenagens, a estrutura principal, a transmissão, o mecanismo de guinada, a proteção contra sobrevelocidade, o gerador elétrico, a nacelle, a unidade de guinada, o equipamento de condicionamento de potência e torre, como mostra a figura 37.

Figura 36– Componentes presentes em uma turbina eólica

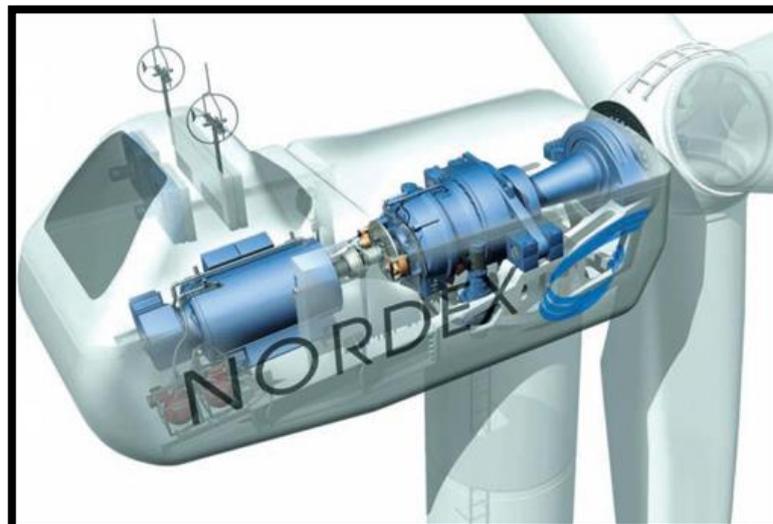


Fonte: MINHO, 2017.

### I. Nacelle

A nacelle é o alojamento que protege o quadro principal e os componentes ligados a ele. Este gabinete é particularmente importante para sistemas de energia eólica, mas não existe em máquinas de bombeamento de água. A figura 38 mostra a Nacelle de uma turbina eólica.

Figura 37 – Layout moderno de uma Nacelle.



Fonte:PE, 2017.

## II. Rotor

Projeto de lâmina de rotor tem se beneficiado da tecnologia de vento de aviões. Ele usa a força de elevação aerodinâmica de Bernoulli que um aerofólio sente em um fluxo ou ar em movimento. A forma da pá do rotor e seu ângulo de ataque em relação à direção do vento afeta o seu desempenho. A montagem do rotor pode ser alocada em dois locais:

- A) A montante da nacelle e da torre recebendo o fluxo de vento não afetado pela presença da torre.
- B) Baixo vento da torre que permite a guinada ou o auto-alinhamento do rotor em frente ao vento. No entanto, esta disposição deflecte o vento causando uma sombra de torre que consiste em uma corrente de vento turbulento atingindo o rotor.

As propriedades mecânicas inerentes aos rotores e seu design afetam seu serviço útil tempo de vida. Este último depende das cargas variáveis e das condições ambientais durante o seu funcionamento. A maioria das turbinas eólicas do mundo tem três lâminas de plástico reforçado com vidro. O trem de força inclui um eixo de baixa velocidade, uma caixa de engrenagens de step-up e um gerador de indução, com quatro ou seis pólos. As turbinas eólicas sem engrenagens com geradores multipolares substituem cada vez mais as máquinas equipadas com caixa de engrenagens. Existem inúmeras outras possibilidades, no entanto. Epoxy de madeira é um material de lâmina alternativa e algumas máquinas têm duas lâminas. A figura 39 mostra o design da lâmina Epoxy de madeira de uma turbina.

Figura 38– Design de uma lâmina de um aerogerador



Fonte: SILENTWIND, 2017.

### III. Montagem Do Eixo E Eixo Principal

As pás são ligadas por um conjunto de cubo a um veio principal. O eixo principal gira em rolamentos suportados na estrutura principal. Se as lâminas são projetadas para o controle de passo, o cubo pode ser bastante intrincado. Com passo fixo, o acessório é relativamente simples.

O quadro principal da máquina de vento serve como o ponto de fixação para vários componentes, tais como o eixo principal, transmissão, gerador e nacelle. Ele geralmente contém um conjunto de rolamento de guinada. A figura 40 mostra a instalação do conjunto do cubo da turbina.

Figura 39– Instalação de uma turbina eólica.

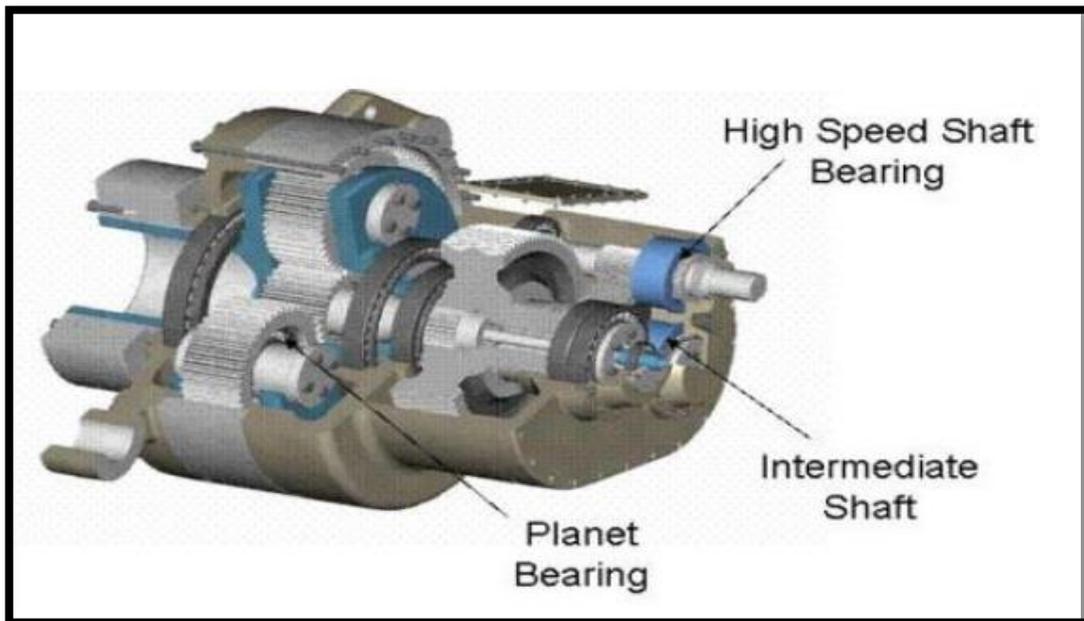


Fonte:INDUSTRIAHOJE, 2014.

### IV. Mecanismo de Transmissão

É necessário um conjunto de transmissão constituído por uma caixa de velocidades ou por um accionamento por corrente para adequar adequadamente a velocidade de rotação à velocidade desejada do gerador eléctrico ou do compressor de ar, porque a velocidade de rotação do rotor não corresponde à da bomba ou do gerador eléctrico a que ele deve ser conectado como mostra a figura 41.

Figura 40– Caixa de ferramenta aberta mostrando componentes



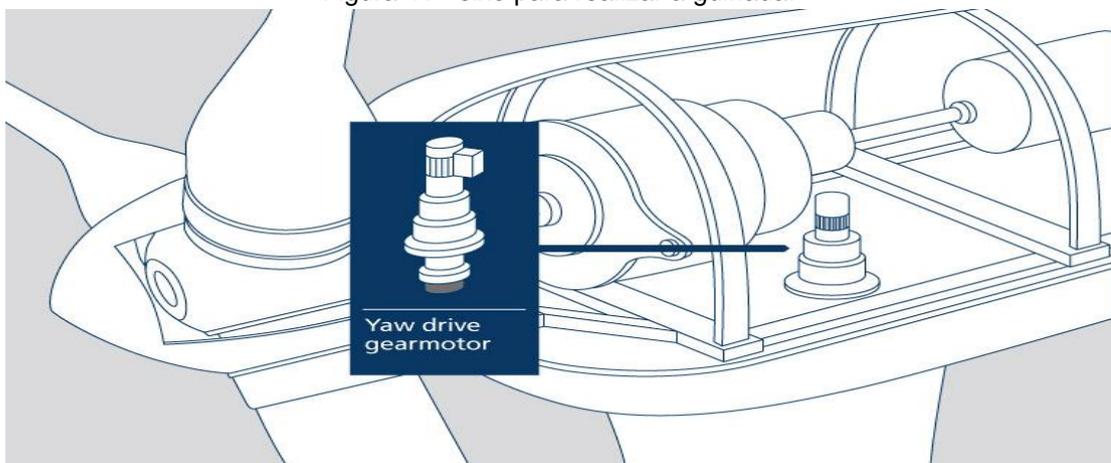
Fonte: GAMESA, 2011.

## V. Mecanismo de guinada

Máquinas de eixo horizontal devem ser orientadas para enfrentar o vento por um processo chamado guinada. Máquinas de eixo horizontal com as lâminas para ventos altos da torre, incorporam preferivelmente uma aleta da cauda, os rotores pequenos da guinada ou caudas do ventilador, ou um servo mecanismo para assegurar-se de que a máquina sempre enfrente o vento como descrito na figura 42.

As máquinas a rebentar com pás a favor do vento da torre têm as pás inclinadas ligeiramente a favor do vento ou de modo que atuem simultaneamente como uma cauda; Este ângulo garante uma orientação adequada.

Figura 41– eixo para realizar a guinada.



Fonte: WINDPOWER, 2017.

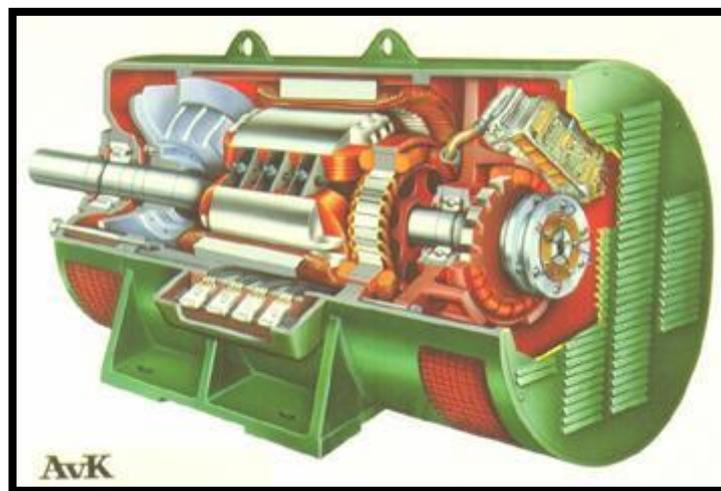
As máquinas de eixos verticais são afetadas pelo vento de todas as direções e Não precisa de controle de guinada.

## VI. Gerador elétrico

Máquinas de velocidade variável são comuns e a maioria gera energia usando um sistema AC / DC / AC. Velocidade variável traz várias vantagens. Isso significa que o rotor gira mais lentamente em baixo vento, o que mantém o nível de ruído para baixo. Ele reduz as cargas no rotor eo sistema de conversão de energia é normalmente capaz de fornecer corrente em qualquer fator de potência especificado.

Alguns fabricantes constroem máquinas de acionamento direto, sem uma caixa de câmbio. Estes são geralmente do tipo de velocidade variável, com equipamentos de condicionamento de potência, como mostra a figura 43.

Figura 42– Gerador assíncrono



Fonte: CRESESB, 2008.

O gerador elétrico numa máquina de vento é ligado à estrutura de suporte principal e acoplado à extremidade de alta velocidade do veio de transmissão. Os geradores de corrente alternada geralmente funcionam a 1.800 rpm nos EUA ou 1.500 rpm em grande parte do mundo para manter frequências de sistema de 60 Hz e 50 Hz, respectivamente.

## VII. Equipamento De Condução De Energia Elétrica, Inversor

A necessidade de equipamentos elétricos além do gerador dependerá principalmente do tipo de gerador. Para sistemas CC pequenos, é necessário pelo menos um regulador de tensão. O armazenamento da bateria é freqüentemente usado para fornecer energia em tempos de ventos baixos. Um inversor para converter DC em AC é usado se parte da carga requer corrente alternada.

Como a rede elétrica funciona com corrente CA, é importante que a corrente alimentada na rede elétrica esteja corretamente sincronizada. Este é um papel chave do sistema inversor. O sistema do inversor também é projetado para cortar a alimentação à rede elétrica no caso de perda da conexão da rede elétrica. Este é um recurso de segurança para os trabalhadores da rede elétrica. Para sistemas conectados à rede, é necessário um painel de controle que tipicamente inclu

disjuntores, relés de tensão e relés de potência reversa. As máquinas síncronas requerem equipamento especial de sincronização e relés de frequência.

### VIII. Estrutura da Torre

Uma torre estrutural é necessária para obter a máquina de vento para o ar, longe dos ventos mais lento e mais turbulento perto do chão. Uma máquina de vento deve ser pelo menos 10 m maior do que qualquer obstrução nos arredores, como árvores. As torres pequenas das máquinas do vento são tipicamente do projeto do truss ou dos pólos suportados pelos fios do indivíduo. Fios são fios amarrados à torre e ancorados no chão de modo que a torre não se mover ou agitar a partir da força do vento.

Grandes torres de máquinas de vento são normalmente feitas de aço ea grande maioria é do tipo tubular ou cônico. Algumas torres foram construídas em seções de concreto armado. Torres de treliça, comum nos primeiros dias são agora raros, com exceção de máquinas muito pequenas na faixa de 100 kW e abaixo. Guyed pólo torres são usadas para pequenas máquinas de vento.

As torres devem ser projetadas para resistir à pressão total produzida por um moinho de vento operacional ou uma máquina de vento estacionária em uma tempestade. Deve ser dada especial atenção à possibilidade de vibrações destrutivas causadas por um desfasamento de frequência natural entre a máquina de vento ea torre. A figura 44 mostra um tipo de uma pequena turbina eólica.

Figura 43– Torre de uma pequena turbina eólica.



Fonte: ELETROVENTO, 2017.

### 3.4 GERADOR DE VELOCIDADE FIXA

A maioria das turbinas eólicas do mundo usam um chamado gerador assíncrono trifásico (gaiola de esquilo), também chamado de gerador de indução para gerar corrente alternada. Este tipo de gerador não é amplamente utilizado fora da indústria de turbinas eólicas, e em pequenas unidades hidrelétricas, mas o mundo tem muita experiência em lidar com ele de qualquer maneira.

O curioso sobre este tipo de gerador é que ele foi realmente originalmente concebido como um motor elétrico. De fato, um terço do consumo de eletricidade do mundo é usado para a execução de motores de indução dirigindo máquinas em fábricas, bombas, ventiladores, compressores, elevadores e outras aplicações onde você precisa converter energia elétrica em energia mecânica.

Uma razão para escolher este tipo de gerador é que ele é muito confiável, e tende a ser comparativamente barato. O gerador tem também algumas propriedades mecânicas que são úteis para turbinas eólicas. (Deslizamento do gerador, e uma certa capacidade de sobrecarga).

O gerador de indução (GI) com rotor gaiola de esquilo, que pode ser conectado diretamente à rede de alimentação. O gerador de indução trifásico com rotor em gaiola, apesar do baixo custo e manutenção simples, apresenta como desvantagens a falta de possibilidade de regulação de tensão e de frequência, bem como a operação apenas em velocidade fixada pela frequência da rede. Para possibilitar o controle de potências do GI, são usados conversores (CA-CA).

### 3.4.1 Gerador de indução em Gaiola de esquilo

O gerador de indução é semelhante a qualquer outro gerador, pois é um dispositivo que converte energia mecânica em energia elétrica. Um gerador de indução consiste num elemento rotativo ou rotor e num elemento estacionário ou estator. O rotor consiste em uma jaula de esquilo de alumínio ou de cobre dentro das laminagens do rotor. O estator consiste em enrolamentos de cobre isolados dentro das estratificações do estator. Nem um excitador nem regulador de tensão é usado ou exigido.

Uma máquina de indução (motor ou gerador) conectada à fonte de alimentação de linha (excitação) é capaz de operar em qualquer modo. Se o eixo é permitido girar a uma velocidade abaixo de sincronismo, a máquina tentará operar como um motor. O vetor de campo magnético giratório causado pelos enrolamentos do estator trifásico fornecerá potência real e reativa ao rotor à medida que ele varre a gaiola do esquilo. Se o veio é forçado a rodar a uma velocidade superior à síncrona, ocorre uma mudança dentro da máquina. O vetor de campo magnético do estator continuará a fornecer potência reativa, mas agora aceita a potência real induzida do rotor (modo gerador). Agora a gaiola de esquilo está varrendo o vetor de campo, causando uma inversão de fluxo. Na velocidade síncrona, a linha fornece energia reativa e perdas de máquina, mas nenhum torque ou poder é gerado.

Há um limite superior prático para a velocidade na qual um gerador de indução pode ser operado acima síncrono e ainda gerar energia real de forma eficiente. Esta velocidade é tipicamente de 2 a 5 por cento acima do sincronismo, mas abaixo do torque de ruptura. Acima da velocidade do torque de ruptura, a potência real gerada decai rapidamente para um valor baixo.

#### I. Rotor em Gaiola de Esquilo

É o rotor que torna o gerador assíncrono diferente do gerador síncrono. O rotor consiste em um número de barras de cobre ou de alumínio que são conectadas eletricamente por anéis de extremidade de alumínio, como podemos ver na figura 45.

Figura 44– Rotor gaiola de esquilo.



Fonte:LACERDA, 2015.

### I. Operação do motor

O motor de indução não tem qualquer alimentação direta no rotor; Em vez disso, uma corrente secundária é induzida no rotor. Para conseguir isto, os enrolamentos do estator são dispostos em torno do rotor de modo que, quando energizados com um suprimento polifásico, criam um padrão de campo magnético rotativo que varre o rotor. Este padrão de campo magnético em mudança induz a corrente nos condutores do rotor. Estas correntes interagem com o campo magnético giratório criado pelo estator e, com efeito, provoca um movimento de rotação no rotor. A tensão que é induzida no rotor, a reatância e sua frequência são variáveis em função do escorregamento, essa variação vai desde do rotor bloqueado, situação onde o escorregamento é igual a um, até zero quando a velocidade do rotor se iguala a velocidade síncrona. (LOUREIRO, 2011).

### II. Operação do Gerador

Agora, o que acontece se manobramos manualmente este rotor em torno de exatamente a velocidade síncrona do gerador? A resposta é: Nada. Como o campo magnético gira exatamente à mesma velocidade que o rotor, não vemos fenômenos de indução no rotor e não interagirão com o estator.

Mas e se aumentarmos a velocidade acima da velocidade síncrona? Nesse caso, o rotor move-se mais rapidamente que o campo magnético rotativo a partir do estator, o que significa que mais uma vez o estator induz uma forte corrente no rotor. Quanto mais difícil você manivela o rotor, mais poder será transferido como uma força eletromagnética para o estator e, por sua vez convertida em eletricidade que é alimentado na rede elétrica.

### III. Escorregamento do Gerador

A velocidade do gerador assíncrono varia com a força de giro (momento ou torque) aplicada a ele. Na prática, a diferença entre a velocidade de rotação na potência de pico e no ralenti é muito pequena, cerca de 1 por cento. Esta diferença em percentagem da velocidade síncrona, é chamada de deslizamento do gerador. Assim, um gerador de 4 pólos funcionará em marcha lenta a 1500 rpm se estiver

ligado a uma rede com uma corrente de 50 Hz. Se o gerador estiver produzindo em sua potência máxima, ele estará funcionando em 1515 rpm.

É uma propriedade mecânica muito útil que o gerador irá aumentar ou diminuir a sua velocidade ligeiramente se o torque varia. Isto significa que haverá menos rasgo e desgaste na caixa de câmbio (Binário de pico inferior). Esta é uma das razões mais importantes para usar um gerador assíncrono em vez de um gerador síncrono em uma turbina eólica que está diretamente conectado à rede elétrica.

#### IV. Ajuste automático do polo do rotor

A coisa inteligente sobre o rotor da gaiola é que ele se adapta ao número de pólos no estator automaticamente. O mesmo rotor pode portanto ser utilizado com uma grande variedade de números de pólos.

#### V. Conexão de rede

Um gerador assíncrono é diferente, porque requer que o estator seja magnetizado da grade antes que ele funcione. Pode-se executar um gerador assíncrono em um sistema autônomo, no entanto, se ele é fornecido com capacitores que fornecem a corrente de magnetização necessária. Ele também requer que haja alguma remanência no ferro do rotor, isto é, algum magnetismo sobrando quando você inicia a turbina. Caso contrário, você precisará de uma bateria e eletrônica de potência, ou um pequeno gerador a diesel para iniciar o sistema).

### 3.5 GERADOR DE VELOCIDADE VARIÁVEL

As turbinas eólicas de velocidade variável são projetadas para Eficiência em uma ampla gama de velocidades de vento. Com uma operação de velocidade variável, Tornam possível adaptar continuamente (acelerar ou desacelerar) a velocidade de rotação da turbina eólica para a velocidade do vento. Desta forma, a relação de velocidade da ponta é mantido constante a um valor predefinido que corresponde ao coeficiente de potência máximo. Contrariamente a um sistema de velocidade fixa, um sistema de velocidade variável mantém o binário do gerador bastante constante e as variações no vento são absorvidas por mudanças na velocidade do gerador (WINDPOWER, 2005).

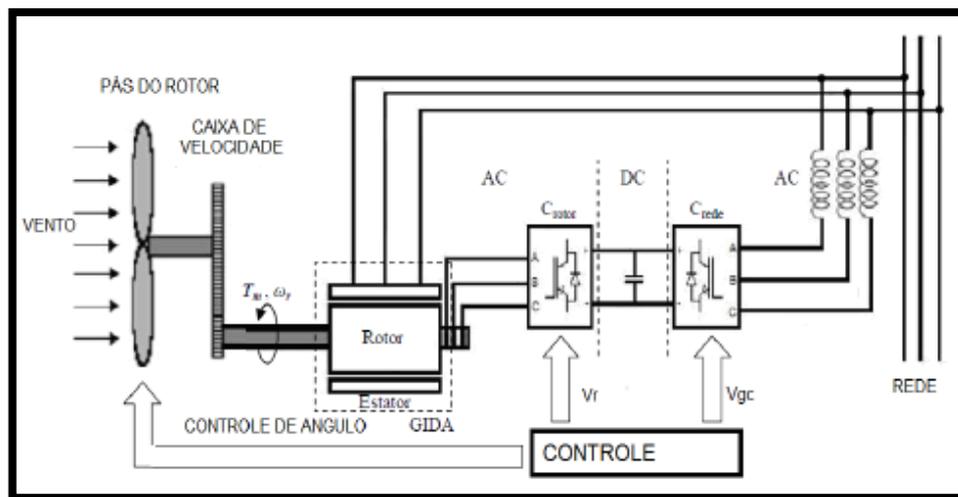
Destaca-se entre as vantagens do gerador de velocidade variável os seguintes itens abaixo:

- Velocidade variável em operação abaixo da potência nominal pode permitir maior captura de energia;
- Capacidade de velocidade variável acima da potência nominal (mesmo em uma faixa de velocidade bastante pequena) pode aliviar substancialmente as cargas, facilitar a função do sistema de pitch e reduzir muito a variabilidade da potência de saída.

## I. Gerador de indução duplamente alimentado

Consiste em um gerador de indução rotor bobinado com alimentação através de anéis deslizantes, onde o estator está conectado direto à rede elétrica por meio de um transformador. E o rotor é alimentado por um conversor CA/CC/CA construído por duas pontes conversoras trifásicas PWM e conectadas entre si através de um circuito intermediário em corrente contínua (barramento CC) como mostrado na figura 46

Figura 45– Esquema de um GIDA aplicado a uma turbina eólica.



Fonte: WINDPOWER, 2017.

Quando o gerador está abaixo da velocidade nominal, denominada funcionamento sub-síncrono, o rotor absorve energia da rede e o estator entrega energia para a rede, onde a potência é retirada do barramento e tende a diminuir a tensão CC. Porém, quando o gerador está acima da velocidade nominal, no denominado funcionamento hiper-síncrono, o rotor e o estator entregam energia à rede, onde a potência é transmitida para o capacitor do barramento CC e sua tensão tende a aumentar. Enquanto que o conversor da rede é usado para gerar ou absorver potência, a fim de manter a tensão c.c. constante.

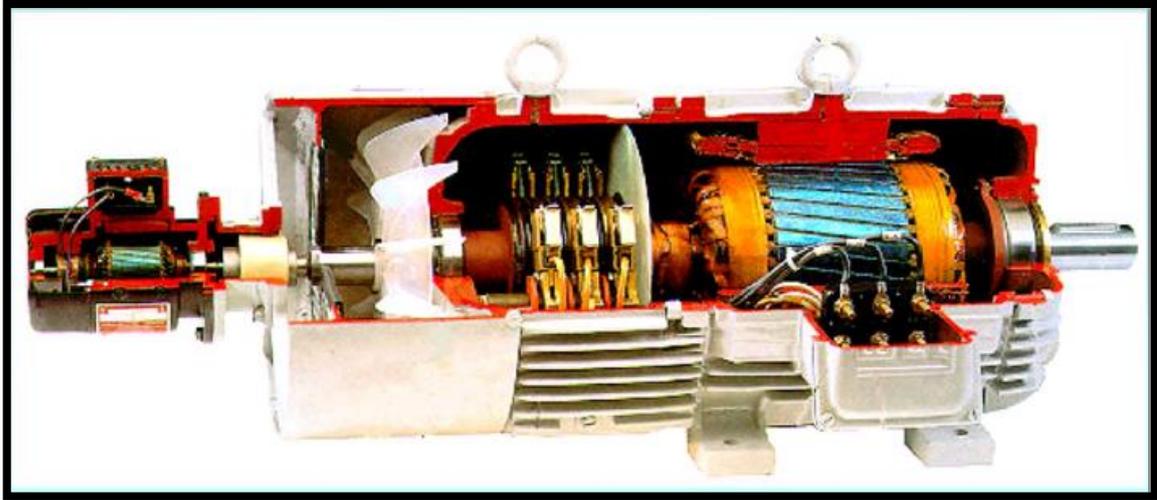
Uma notável vantagem dessa tecnologia é o menor custo dos equipamentos de eletrônica de potência. Em seus estudos, Ferreira (2009) afirma que a tecnologia GIDA permite que os conversores utilizados tenham uma potência correspondente a 30% da potência nominal da máquina.

## II. Gerador Síncrono com rotor bobinado

O gerador síncrono de rotor bobinado é envolvido por um enrolamento isolado semelhante ao enrolamento do estator. Os seus enrolamentos de fase do rotor (trifásico) são trazidos para o exterior através de três anéis coletores montados sobre o eixo do motor, onde o mesmo não está ligado a nenhuma fonte de alimentação. Os anéis coletores e as escovas constituem simplesmente uma forma de se ligar resistências variáveis externas, em série, com o circuito do rotor. As resistências variáveis (uma para cada anel coletor) proporcionam um meio para aumentar a resistência do rotor durante a partida, a fim de melhorar suas características de partida. Quando o motor atinge sua velocidade normal, os

enrolamentos são curto circuitados e o funcionamento passa a ser semelhante ao de um rotor de gaiola. A figura 47 mostra o motor com rotor bobinado.

Figura 47– Máquina com rotor bobinado



Fonte: WEG, 2015.

O motor síncrono recebeu este nome porque o seu rotor gira com a mesma velocidade do campo magnético girante produzido no enrolamento trifásico do estator (velocidade síncrona). Os motores síncronos possuem características especiais:

- O alto rendimento;
- Correção do fator de potência da rede;
- Altos torques;
- Velocidade constante nas variações de carga
- Baixo custo de manutenção.

### III. Gerador Síncrono com ímã permanente

O gerador síncrono com ímã permanente é um gerador de múltiplos polos de baixa velocidade com grande diâmetro, podendo operar sem a caixa de engrenagem. Esses geradores apresentam um elevado desempenho e não possuem anéis coletores nem enrolamentos no campo que são substituídos por elementos magnéticos.

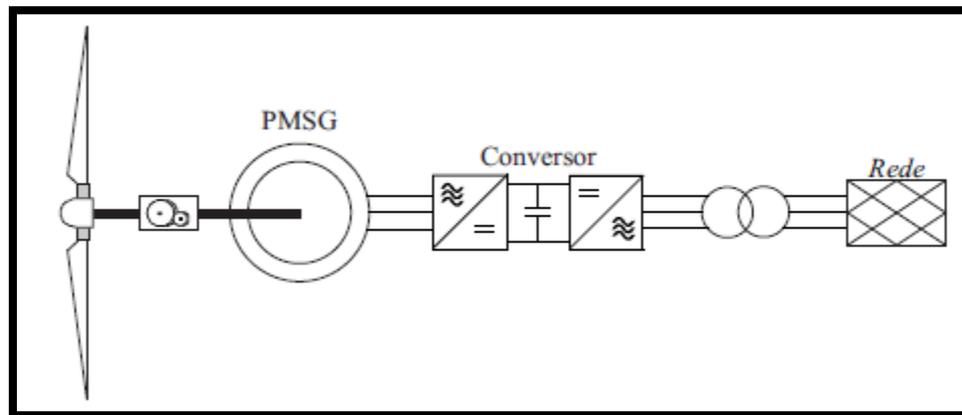
O seu uso tem como objetivo melhorar a sua eficiência do sistema, assim como aumentar a faixa de variação de velocidade do gerador sem sobrecarregá-lo.

Em relação aos sistemas de conversão de energia eólica com gerador síncrono com ímã permanente, podemos citar algumas vantagens:

- Elevada eficiência e rendimento;
- Não é necessário fonte externa para excitação do campo magnético;
- Aprimoramento nas características térmicas do gerador a ímãs permanentes devido à ausência das perdas do campo;
- Elevada robustez devido à ausência de componentes mecânicos, por exemplo, anéis coletores;
- Leve, o que lhe garante uma elevada potência em relação ao seu peso.

A figura 48 mostra o esquema de um gerador síncrono com imã permanente.

Figura 48– Esquema do gerador síncrono a imã permanente



Fonte: WINDPOWER, 2017.

O gerador síncrono tem como desvantagens seu alto custo devido aos ímãs permanentes, altas temperaturas de operação, há ainda a possibilidade de picos de correntes ou curtos-circuitos desmagnetizarem o ímã e os conversores devem processar a potência total do gerador.

### 3.6 TENDÊNCIAS E NOVAS TECNOLOGIAS DE TURBINAS

Em 2015, o aumento da geração eólica foi equivalente a quase metade do crescimento da eletricidade global. Esta notícia surpreendente, mas bem-vinda, tornou-se aparente de uma nova análise da IEA (International Energy Agency) que revela que, pelo segundo ano sucessivo, as emissões globais do CO<sub>2</sub> permaneceram estáveis apesar do crescimento na economia de mundo. Isto foi devido a uma série de fatores - reestruturação industrial, melhoria da eficiência energética e o crescimento substancial de energias renováveis - liderado pelo vento (GWEC, 2015).

É claro que o vento é agora uma fonte principal de fornecimento de energia e vai desempenhar um papel de liderança na descarbonização. Mas tornar-se principal significa também assumir novas responsabilidades, incluindo assegurar o funcionamento seguro e rentável do sistema energético global e contribuir para a segurança energética. A indústria eólica terá de continuar a desempenhar o seu papel - utilizando a inovação técnica e financeira para reduzir os custos, melhorar a segurança e a previsibilidade dos projetos e facilitar a integração da energia eólica nos sistemas elétricos.

Os dias de vento que são caros e tecnologicamente imaturos estão para acabar. O principal objetivo das políticas para essas tecnologias tem sido, portanto, mudar: longe de cobrir uma grande diferença de custo, para o risco de arriscar investimentos de capital intensivo. São necessários designs de mercado adequados para promover sistemas flexíveis de eletricidade adaptados a grandes proporções de energia eólica e outras fontes renováveis. Acima de tudo, os governos devem adotar uma abordagem a longo prazo e previsível, em particular se os preços dos combustíveis fósseis permanecerem baixos. Isto inclui a criação de condições de

concorrência equitativas - para as quais os baixos preços dos combustíveis fósseis proporcionam uma boa oportunidade: o momento de introduzir uma fixação robusta do carbono e eliminar os subsídios aos combustíveis fósseis é agora (GWEC, 2015).

No meio de todo esses investimentos e incentivos, empresas desenvolvem tecnologias para que melhore a qualidade e a produção de energia, principalmente para parques em grande escala. Em destaque temos dois empreendimentos premiados, um deles é a empresa Siemens, que apresentou a turbina SWT-8.0-154 em Julho de 2016, onde este seu projeto foi premiado com a aprovação inicial do órgão de certificação DNV GL, esta empresa capacita as organizações para avançar com segurança e sustentabilidade nos negócios. A turbina apresentada, será testada no ano de 2017, e começará a ser produzida em 2019, que no mais ela está vindo para substituir a turbina de 7MW da empresa, no qual a nova turbina produzirá 10% a mais de energia do que o seu antigo modelo (WINDPOWER, 2017). A figura 49 mostra uma turbina moderna da SIEMENS.

Figura 49– Modelo SWT-8.0-154 da Siemens.



Fonte: SIEMENS, 2017

O segundo empreendimento para parques em grande escala é a lâmina 88.4 P da LM para o Adwen AD 8-180 de 8MW, sendo este um gerador em ímã permanente, é a mais longa jamais desenvolvida, para o maior diâmetro do rotor do mundo a 180 metros. A massa de lâminas abaixo de 34 toneladas foi habilitada pela tecnologia "híbrido de carbono" da LM, que foi testada em campo e validada em lâminas de cerca de 60 metros. Uma nova resina permite o uso combinado de fibras de vidro e carbono, não é possível com resina de poliéster. Incorporar o carbono é visto como uma obrigação para lâminas deste tamanho - para manter o peso e viabilidade de operação. A forma da lâmina é otimizada para o uso de carbono, interligada com a correspondência da folga de ponta permitida, produção de energia e demandas de carga (Adwen, 2017), aonde tanto o gerador quanto a lâmina, foram encomendados para serem instalados em um parque na França, que irá gerar 1,5 GW, e que a produção em serie destes equipamentos, espera-se para acontecer em 2018 (ADWEN, 2017), figura 50 mostra a lâmina 88.4 P.

Figura 50– Lâmina 88.4 P.



Fonte:ADWEN, 2017.

## **4 – IMPACTOS SOCIOECONÔMICOS E AMBIENTAIS NA IMPLANTAÇÃO DE UM PARQUE EÓLICO**

Recentemente estão circulando notícias, principalmente pela internet, de ações judiciais e queixas sobre a poluição sonora e visual, sobre desvalorização imobiliária das propriedades vizinhas do aerogeradores, alteração nos componentes geoambientais (água, solo, morfologia, topografia e paisagem), alteração dos fluxos das marés e até alegações mais extremas como a que atribui aos sons e vibrações dos aerogeradores impactos fisiológicos como taquicardia, náuseas e visão turva (PIOLI, 2010). Porém ao invés de erguerem-se bandeiras contra implantação de parques eólicos, há de se exigir o estabelecimento de critérios técnicos que conduzam a diligências eficazes e conscientes para diminuir os inevitáveis impactos sobre o meio ambiente (PIOLI, 2010).

### **4.1 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL PARA GRANDES EMPREENDIMENTOS**

#### **4.1.1 Evolução da Legislação Ambiental No Brasil**

Tratar da questão ambiental tem sido cada vez mais comum quando se pensa sobre empreendimentos que causam impactos ambientais, sendo assim o Brasil por ser um país rico de recursos naturais sente a pressão internacional de órgãos ligados a defesa do meio ambiente. Há algum tempo o termo “Movimento Ecológico” tem desafiado a classe política a tomar decisões baseadas em um desenvolvimento sustentável, está claro que o consumo exagerado tem se tornado um grande problema, cada vez precisamos de mais produtos que por sua vez requerem mais recursos naturais. Com a energia não é diferente, hoje em dia temos uma diversa gama de produtos que requerem energia em seu funcionamento, e isso tem levado o mundo a buscar fontes de energia que possa suprir toda essa demanda, no Brasil temos a vantagem de ter um sistema bastante diversificado, porém nos últimos anos o investimento público tem sido composto quase que exclusivamente em sistemas de geração hídrica que por muitas vezes causam impactos ambientais difíceis de serem reparados. Para isso a legislação ambiental tem sofrido evolução ao longo dos anos e ela não é algo tão atual, desde a elaboração do código das águas em 1930 a legislação tem sofrido mudanças com a pressão internacional e de ONG que atual no Brasil. Esse código das águas já trazia aspectos como definição sobre o que seriam águas públicas e privadas e como as mesmas poderiam ser usadas para exploração de geração de energia elétrica (SENADO FEDERAL, 2016).

Somente a partir da década de 60, com a divulgação dos dados sobre o aquecimento global e crescimento da camada de ozônio na atmosfera aliado a diversas catástrofes ambientais é que a sociedade começou a acordar de forma gradual para construir uma consciência ambiental. Em 1972 a ONU – Organização das Nações Unidas, organizou em Estocolmo, na Suécia, a primeira conferência

sobre Meio Ambiente, nessa conferência foi aprovado a Declaração Universal do Meio Ambiente, que no texto diz que recursos naturais tais como a água, ar, solo, flora e a fauna devem ser conservadas para gerações futuras, cabendo a cada país estabelecer em suas legislações instrumentos que tivessem a garantir a preservação ambiental, foi a partir daí que o Brasil passou a editar normas, decretos e leis com medidas de proteção ao meio ambiente (FARIAS, 2007).

Em 1981 com a Lei 6.938/81 foi disposto a Política Nacional do Meio Ambiente, que é a primeira lei no país a definir de forma avançada e inovadora os conceitos e objetivos para a defesa do meio ambiente. Essa evolução na parte ambiental se completou com a promulgação da Constituição Federal em 1988, que dedicou um capítulo inteiro ao meio ambiente. Nesse contexto em 98 com a Lei nº 9.605/98, que dispõe das sanções penais e administrativas aplicadas a atos lesivos ao meio ambiente foram introduzidos instrumentos importantes para a proteção ambiental.

Em 92 uma nova conferência sobre Meio Ambiente foi realizada no Rio de Janeiro pela ONU, nela 170 países presentes no evento assumiram a responsabilidade de introduzir políticas públicas de seus países noções de sustentabilidade e desenvolvimento sustentável. No documento redigido nessa conferência chamada de Agenda 21, defende temas importantes tais como agricultura sustentável, cidades sustentáveis, gestão de recursos naturais, gestão de recursos naturais, desigualdades sociais, ciência e tecnologia para um desenvolvimento sustentável. A implantação da agenda procura despertar em cada pessoa seu papel ambiental, social, econômico e político. Em 2002 outra conferência ocorreu em Johannesburgo, África do Sul, denominada de Rio+10 que dentre outros temas destacou o apelo de países em desenvolvimento por tecnologias para um desenvolvimento sustentável dos países desenvolvidos, determinando um desenvolvimento equitativo, inclusivo e sustentável.

Desde da conferência de 72 na Suécia o Brasil vem se movimentando no sentido de proteger e fiscalizar danos ao meio ambiente. Em 1974 foi criada, no Brasil, a Secretaria Especial do Meio Ambiente, já em 1981 foi elaborada a lei 6.938/81, essa lei define a Política Nacional do Meio Ambiente com objetivos de preservar, melhorar e recuperar a qualidade ambiental do país, foi a partir dessa lei que instrumentos como licenciamento para atividades poluidoras e degradantes foram implantados. Foi criado nessa época o CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente, esse órgão é o responsável por conceder os licenciamentos para obras que causem impactos ambientais, esse conselho emitiu resolução que torna obrigatório para qualquer empreendimento que cause impacto ambiental a elaboração do EIA – Estudo de Impactos Ambientais e o RIMA – Relatório de Impactos Ambientais, que devem ser submetidos aos órgãos estaduais e ao IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente, criado pela lei 7.735/89, autarquia vinculada ao Ministério do Meio Ambiente, essa resolução ainda determina que tanto o EIA quanto o RIMA sejam discutidos em audiências públicas (MMA, 2016).

Em 1997 o CONAMA expediu uma nova normativa geral com as competências nas esferas federal, estadual e municipal e as etapas do licenciamento. A lei 9.605/98 destina seu texto à redação de crimes ambientais e condutas lesivas ao meio ambiente proveniente da não observação ao licenciamento necessário.

Em 1997 através da resolução 237/97 o CONAMA estabeleceu os tipos de licenças ambientais que seriam expedidas pelo poder público (MMA, 2016), que são:

- Licença prévia (LP);
- Licença de Instalação (LI);
- Licença de Operação (LO);

#### 4.1.2 Tipos de Licenças Ambientais

**Licença Prévia (LP):** É a primeira etapa do licenciamento, onde são observadas e avaliadas a localização, a instalação e a operação do uso do solo, atestando a viabilidade do projeto e estabelecendo requisitos básicos para a próxima etapa, é nessa fase que é pedido o Estatuto de Impacto Ambiental – EIA. Nessa etapa é definido todos os aspectos ambientais que a empresa tem que seguir, assim o órgão responsável por conceder a licença define se a área é adequada, esse estudo é chamado de zoneamento ambiental.

Ainda nessa etapa pode ser pedido o Relatório de Controle Ambiental – RCA, esse documento fornece a caracterização do empreendimento a ser licenciado, deve conter a descrição do empreendimento, do processo de produção, das emissões que serão geradas, dos ruídos e dos resíduos sólidos. Essa etapa é muito importante sem ela o empreendimento não pode seguir seu planejamento e as empresas envolvidas ficam impedidas de obter o financiamento pelos bancos públicos.

**Licença de Instalação (LI):** Nessa etapa é solicitada do órgão que expediu a licença prévia uma licença para instalação. Essa concessão permite que a construção do empreendimento seja iniciada junto com a instalação de equipamentos, porém a execução do projeto desse ser fiel ao apresentado na hora da obtenção da licença prévia, caso contrário, qualquer alteração na planta ou nos equipamentos a serem utilizados deve ser formalmente enviada ao órgão que expediu a licença para avaliação.

**Licença de Operação (LO):** Essa parte autoriza o funcionamento do empreendimento, ela pode ser solicitada depois que empresa responsável pelo projeto obtiver as licenças anteriores, provando que a mesma obedeceu às medidas de controle ambiental condicionantes das licenças anteriores.

### 4.1.3 Passos para obtenção das Licenças Ambientais

Há diversos passos a serem observados quando se é solicitada as licenças citadas acima (NOGUEIRA, 2008). As licenças que citamos não são as únicas que o CONAMA editou em sua resolução, porém são as mais importantes, dentre os passos a serem seguidos temos:

- Identificação da licença ambiental a ser requerida;
- Identificação do órgão a quem solicitar a licença;
- Solicitação de requerimento e cadastro industrial disponibilizado pelo órgão que concederá a licença;
- Coleta de dados e documentos que são exigidos de acordo com o tamanho da empresa, sua tipologia e a fase de licenciamento;
- Preenchimento de cadastro de atividade industrial, que é o documento que fornece informações sobre a empresa, tais como: sua atividade, o produto fabricado, efluentes gerados, destino de resíduos e produtos estocados, levantamento das plantas e descrição dos processos;
- Requerimento da licença;
- Publicação da abertura de processo, nessa fase o empreendedor faz a divulgação em mídia local e depois um ofício junto ao órgão que concederá a licença.

## 4.2 IMPACTOS VISUAIS

O estudo de impacto ambiental – EIA uma norma que deve ser observada antes da construção do parque eólico deve identificar, descrever e avaliar os efeitos diretos e indiretos do projeto sobre a paisagem.

Nota-se que o impacto visual diminui com a distância. As zonas de visibilidade teórica podem ser definidas como (UNIVERSITY OF NEWCASTLE, 2002, apud WIND ENERGY, 2012):

- **Zona I – Visualmente dominante:** As turbinas são percebidas como de grande porte e o movimento das lâminas é óbvio. A paisagem imediata é alterada. Distância de até 2 km.
- **Zona II – Visualmente intrusivas:** As turbinas são elementos importantes na paisagem e são claramente percebidas. O movimento das lâminas é claramente visível e pode cair aos olhos. As turbinas não são necessariamente os pontos dominantes na visão. Distância entre 2 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 4,5 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, assim os movimentos das lâminas geralmente são imperceptíveis. Distância de mais de 8 km.

Embora o impacto visual seja muito específico para o local, em uma usina eólica em particular, algumas características no design e implantação podem ser identificadas para minimizar o seu impacto potencial visual (PIOLI, 2010):

- 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 anti-reflexo para torres e pás.
- Pintura de camuflagem próxima a instalações militares, para evitar que os aerogeradores constituam pontos de referência.
- Uso de três lâminas girando na mesma direção.
- O panorama visual melhora com a distribuição de turbinas em linha.

As figuras 51, 52 e 53 mostram o parque eólico Ventos de São Clemente localizado em no agreste de Pernambuco, o parque eólico de Tianguá localizado no interior do Ceará e o parque eólico ventos do Araripe III localizado no interior do Piauí, as imagens indicam a sua disposição e a distância entre o parque e residências para evitar a poluição visual.

Figura 51 - Parque eólico Ventos de São Clemente, Caetés - Pernambuco



Fonte: CASA DOS VENTOS, 2016.

Figura 52 - Parque eólico de Tianguá - Ceará



Fonte: CASA DOS VENTOS, 2016.

Figura 53 - Parque eólico Ventos do Araripe III – Piauí



Fonte: CASA DOS VENTOS, 2016.

### 4.3 RUÍDOS

As turbinas eólicas produzem dois tipos de ruído: o ruído mecânico de engrenagens e geradores, e ruído aerodinâmico das pás. Os ruídos mecânicos têm sido praticamente eliminados através de materiais de isolamento. O ruído aerodinâmico é produzido pela rotação das pás gerando um som sibilante que é uma função da velocidade de ponta. Os projetos modernos de usinas eólicas estão sendo otimizados com escopo de reduzir o ruído aerodinâmico.

O ruído no interior ou em torno de uma usina eólica varia consideravelmente dependendo de uma série de fatores, como: o leiaute da usina, o modelo de turbinas instaladas, o relevo do terreno, a velocidade e a direção do vento e o ruído de fundo. O aumento das emissões de som das turbinas eólicas está relacionado com aumento da velocidade do vento. No entanto, o ruído de fundo que normalmente aumenta mais rápido que o som da turbina, tende a mascarar o ruído das mesmas com o crescimento da velocidade do vento (THE NOISE ASSOCIATION, 2002).

Níveis de ruído diminuem à medida que aumenta a distância entre turbinas eólicas e são mais comumente expressos em dB(A), decibéis medidos na escala A de compensação do aparelho medidor (decibelímetro), por ser essa a escala que mais se aproxima da percepção humana do ruído. As previsões dos níveis sonoros em usinas eólicas futuras são de extrema importância a fim de prever o impacto do ruído. O aborrecimento individual para o ruído é um tema muito complexo, mas estudos demonstraram uma correlação entre o ruído incômodo com a interferência visual e a presença de características de som intrusivo. Da mesma forma, o incômodo é maior na área rural do que na periferia e também mais elevados em terreno complexo, em comparação com o solo plano em um ambiente rural (WINDS ENERGY, 2012).

Quando há pessoas que vivem perto de uma usina eólica, os cuidados devem ser tomados para garantir que o som das turbinas de vento seja em um nível razoável em relação ao nível de som ambiente na área. Devido à grande variação dos níveis de tolerância individual ao ruído, não há nenhuma maneira completamente satisfatória para se medir os seus efeitos subjetivos, ou as reações correspondentes de aborrecimento e insatisfação (THE NOISE ASSOCIATION, 2002).

Ruído de baixa frequência (RBF), também conhecido como infrassom, é usado para descrever a energia sonora na região abaixo de 200 Hz. O RBF pode causar desconforto e incômodo para as pessoas sensíveis e por isso tem sido amplamente analisado. Um levantamento dos resultados nas medições de infrassom de turbinas eólicas publicados, conclui que, com turbinas *upwind*, o infrassom pode ser negligenciado na avaliação dos efeitos ambientais (JACOBSON, 2005).

As emissões de ruídos são reguladas por normas técnicas da ABNT nº 10.151 e 10.152. Vários estudos têm demonstrado os perigos deste tipo de decibéis à saúde humana. Decibéis do tipo B e C, chamados de infrassom, embora inaudíveis são sentidos como uma vibração no corpo, mesmo dentro das casas, sendo prejudiciais à saúde tanto quanto ou mais do que o tipo A, e podem causar falta de sono, náuseas, tonturas, dores de cabeça, aumento de pressão arterial, agressividade e outros. Um observador, se exposto por um tempo curto ao ruído é limitado a uma percepção instantânea deles, mas é incapaz de assumir os verdadeiros efeitos a longo prazo. A exposição distribuída por um período de tempo, pelo menos, duas semanas pode causar a maioria dos efeitos sentidos em seres humanos. Os impactos do ruído dependem de vários fatores: direção e força do vento, altura e tipo de vento, topografia, pressão do ar, obstáculos e fenômenos físicos específicos (THE NOISE ASSOCIATION, 2002).

A agência ambiental francesa, *Agence de L'Environnement et de la Maîtrise de L'Energie* – ADEME, sugere um afastamento mínimo de 250 m entre a torre de eólica e uma residência humana, sendo, entretanto, essa distância definida em audiência pública. A Academia Nacional de Medicina da França e do Reino Unido *Noise Association* recomenda uma distância de 1,5km (MIGRAINE, 2004). Vários estudos registraram um conjunto comum de efeitos adversos à saúde de pessoas

que vivem próximas aos aerogeradores. Esses sintomas começaram após o funcionamento das usinas eólicas, e incluem:

- Distúrbios do sono;
- Dor de cabeça;
- Zumbido nos ouvidos;
- Pressão no 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 têm sua principal causa o efeito da baixa frequência do ruído de turbinas eólicas nos órgãos do ouvido interno. Na Tabela 7, consta um resumo das pesquisas realizadas sobre a distância a ser definida entre a torre de eólica e residências próximas, sendo esses valores, em sua maioria de ordem prática, pois nem todos foram regulamentados (FEAM, 2013).

Tabela 7 – Distância mínima entre turbina/residências aplicada na prática

<b>País</b>	<b>Distância da torre para residências/ Política adotada</b>
Bélgica	150 a 500 metros
República Theca	400 a 800 metros
Dinamarca	4 vezes a altura da torre
França	250 a 500 metros
Alemanha	1000 a 1500 metros
Itália	10 vezes a altura da torre
Países Baixos	4 vezes a altura da torre
Irlanda do Norte	500 metros
Romênia	3 vezes a altura da torre
Escócia	1000 metros
Espanha	1000 metros
Suécia	500 metros
Reino Unido	1000 a 3000 metros
Suíça	300 metros
Brasil	A nível federal ainda não há legislação a respeito

Fonte: FEAM, 2013.

#### 4.4 IMPACTOS DE USINAS EÓLICAS SOBRE AS AVES

O Brasil subiu sete posições, nos últimos dois anos, no ranking mundial de geração eólica: Em 2015, o país alcançou a 8ª posição. Também no ano passado, O Brasil registrou o primeiro lugar no ranking mundial em fator de capacidade (relação entre produção efetiva e a capacidade instalada) de geração eólica, com 38%. O país manteve a quarta posição no ranking mundial de potência instalada. Os dados são do Boletim de Energia Eólica Brasil e Mundo, produzido pelo Ministério de Minas e Energia (MME, 2016).

Entre os países analisados, o fator de capacidade do Brasil é de 60% superior ao indicador mundial. O destaque do fator de capacidade, que indica o aproveitamento do vento para gerar energia, é resultado do aumento significativo dos avanços tecnológicos em materiais e no pote das instalações, além da escolha de melhores sítios, o que permite melhor aproveitamento dos ventos.

No atual modelo institucional do setor elétrico brasileiro, 16,6 GW são de potência eólica contratada, dos quais 9,3 GW se encontram em operação, 3,4 GW em construção e 3,9 GW aptos para iniciar a construção (ANEEL, 2017). Para atingir os 24 GW em 2024, previstos no Plano Decenal de Expansão de Energia – PDE 2024, ainda será necessário contratar 7,4 GW, no período de 2016 a 2021.

No mundo, a Dinamarca apresenta a maior produção de geração eólica em relação à sua geração total, com expressivos 44,6%. Na sequência estão Irlanda (24,8%), Portugal (21,7%) e Espanha (18,2%), dados do MMA – Ministério do Meio Ambiente.

Em 2015, o Rio grande do Norte saiu na frente com a maior proporção na geração eólica brasileira, de 34,6%, seguido pelo Ceará (20,7%) e Bahia (18,5%). Destaque para o expressivo fator de capacidade do Estado da Bahia, com 42,9% (MME, 2016).

Por ocupar um lugar de destaque na geração eólica a nível mundial o país já toma cuidados para evitar um dos mais sensíveis impactos ambientais produzidos pelas hélices gigantes dos aerogeradores: a morte de pássaros.

A instalação desses equipamentos no país exige estudos de avifauna, mesmo com vento favorável, as hélices não podem ser colocadas em rotas migratória de aves. Os Estados Unidos, segundo no ranking atrás apenas da china, não tomaram o mesmo cuidado e agora vêem as pás como ameaça a um dos seus principais símbolos, a imponente águia dourada americana.

O Vice-Presidente da Associação Brasileira das Empresas de Energia renovável, Engenheiro José Matheus, explica que o Brasil teve sua entrada no mercado mundial eólico recentemente, sendo assim o país incorporou as tecnologias mais modernas para evitar impactos ambientais de maior gravidade (ABEER, 2011).

Segundo a ABEER, as pás dos parques eólicos brasileiros têm grandes dimensões, mas o giro é lento e elas são percebidas pelos animais voadores. Os pássaros naquilo que não conseguem ver. Além disso, as empresas brasileiras

adotam torres de sustentação compactas de aço ou concreto, sem pontos de apoio para a construção de ninhos.

As usinas se concentram no litoral do Nordeste, estados da região Sul como Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná, além de recentemente estarem migrando para o interior, principalmente no Nordeste do Brasil. Em visitas feitas pelos engenheiros da ABEER foi constatado que a maioria das centrais brasileiras não há sequer um caso de acidente com aves. Esse tema já levantou muitas discussões no governo brasileiro. Em vários leilões o assunto tem vindo a tona. Um estudo da Universidade Federal do Pará mostrou que o impacto para aves é baixo. Desde a instalação das primeiras turbinas eólicas em Fernando de Noronha que apresentaram problemas com a morte de aves devido a sua estrutura sem em treliça, esse tipo de estrutura é um fator agravante, já que propicia locais para criação de ninhos de aves além de apresentar menor visibilidade que torres tubulares (WINDPOWER, 2012).

Assim todos os projetos desenvolvidos desde então no país não tem apresentado impactos ambientais sobre aves, os mesmos impactos têm feito parte dos estudos de impactos ambientais que são realizados para o licenciamento ambiental concedido a iniciativa privada para exploração da geração eólica no país (ABEER, 2011).

O quadro 1 a seguir traz as principais causas dos impactos causados por aerogeradores em rotas migratórias.

Quadro 1 – Principais causas de impactos em aves e morcegos e suas medidas mitigatórias.

<b>Causas</b>	<b>Soluções</b>
Aerogeradores antigos (pequenos, barulhentos, com torres treliçadas e pás metálicas)	Instalações de aerogeradores modernos (Porte médio a grande, com ruído reduzido, com torres tubulares e pás de material sintético)
Altas densidades, habitats preferenciais	Evitar implantação em zonas de abundância e grande atratividade para reprodução, repouso e alimentação de aves e morcegos através de estudos ambientais prévios e rigorosos
Atividade/ comportamento e morfologia da espécie	Monitoramentos longos pré/pós operação, repelentes sonoros, visuais e eletromagnéticos, tanto de aves e morcegos quanto de suas presas
Condições meteorológicas adversas (intervenção térmica, chuva intensa e vento muito forte ou muito fraco)	Maior velocidade de vento de partida do aerogerador, menor velocidade de corte, desligamento sob condições adversas
Exclusão e redução de habitat disponível	Efetiva recuperação de áreas degradadas
Linhas de transmissão aéreas	Instalação de linhas de transmissão subterrâneas ou áreas com sinalizadores de avifauna
Presença de rotas migratórias	Estudos ambientais prévios rigorosos para orientar a disposição de aerogeradores em linhas espaçadas corredores

Fonte: SOVERNIGO, 2009.

## 4.5 INTERFERÊNCIA DE TURBINAS EÓLICAS EM ONDAS DE RÁDIO E TV

Um dos problemas que a instalação de parques eólicos enfrenta é a interferência que o mesmo causa a transmissões por ondas eletromagnéticas. Em muitos casos a melhor localização dos parques eólicos é também coincidente, ou próxima, com antenas para transmissão de TV e rádio, serviços fixos e de comunicações móveis, causando interferência nesses sinais (CARVALHAIS, 2008).

Devido ao grande aumento de parques eólicos no país, o estudo de interferências causadas por estes nas telecomunicações tem ganhado um destaque maior ao longo dos anos, as transmissões de TV analógica e digital são as que sofrem maior interferência por parte das usinas eólicas. A presença de aerogeradores perto de transmissores causa dois efeitos na transmissão de sinal de TV, difração e reflexão (CARVALHAIS, 2008). A difração tem como principal origem o pylon, que tem a função de suportar o eixo do rotor, já a reflexão tem como principal origem as pás do aerogerador. Nos dois casos há uma produção de oscilações nos campos radiados.

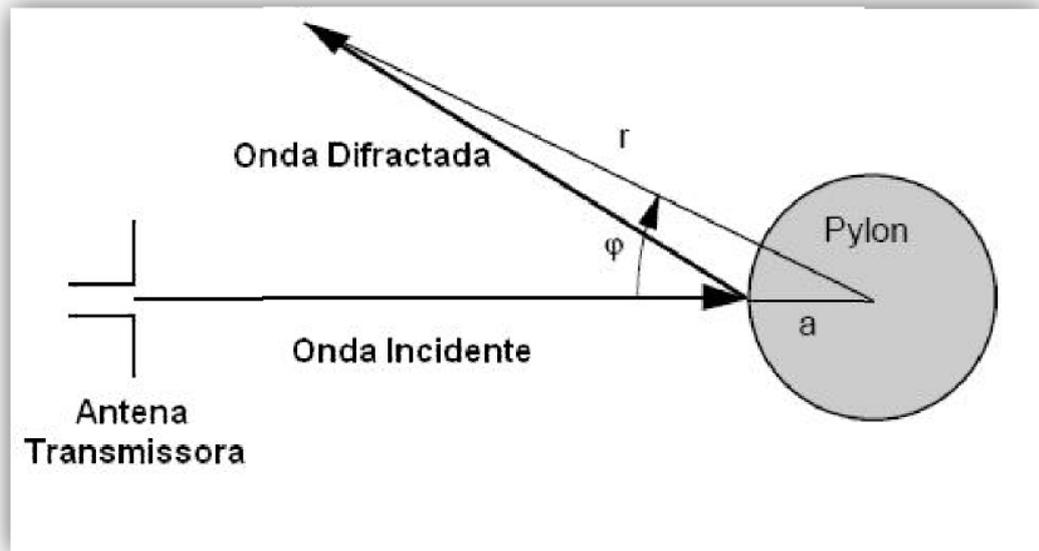
Podemos considerar que o sinal recebido, na ausência da turbina eólica, é realizado através de um único raio direto entre o transmissor e o receptor, com a presença da turbina eólica esse raio passa, em parte, a sofrer difração e reflexão.

### 4.5.1 Difração de ondas por uma Turbina Eólica

A difração está relacionada com as propriedades das ondas ao transportarem energia de um ponto para o outro e caracterizadas por uma variação periódica de uma propriedade, pode acontecer de uma onda sofrer alteração na sua velocidade ou direção ao interagir com algum objeto ou meio material interposto, assim a difração está relacionada com a interação de uma onda com um obstáculo. Nos parques eólicos ocorre no pylon que é a base cilíndrica que sustenta o rotor, a onda ao contornar o obstáculo toma diferentes caminhos, cujo comprimento de onda pode variar, surgindo assim diversas ondas oriundas do original, esse efeito é conhecido como princípio de HUYGENS, e se combinam ao passar por um dado ponto do espaço, ao passar nesse ponto ondas que sofreram difração com a mesma origem se combinam. O resultado disso é que surge uma variação de amplitudes onde um máximo se combina com um mínimo produzindo anulação total ou parcial da energia da onda, ou pode-se ter a combinação de máximos e mínimos de amplitude fazendo a onda ter uma energia maior (CARVALHAIS, 2008).

A figura 54 mostra como se dá o fenômeno da difração de ondas ao encontrar um obstáculo como o pylon de uma turbina eólica.

Figura 54 – Interferência de uma turbina eólica em uma transmissão de TV



Fonte: CARVALHAIS, 2008.

#### 4.5.2 Reflexão das pás de uma Turbina Eólica em um sinal de TV

Quando um receptor de sinais de TV está na vizinhança de um parque eólico, a rotação das pás do aerogerador age como uma fonte de multipercursos com variações no tempo, como resultado da dispersão causada pelas pás, o sinal total recebido é geralmente modulado em amplitude e fase, essa modulação alheia ao sinal recebido ao sinal desejado, se for suficientemente forte, pode afetar de forma bastante adversa o desempenho de um sistema de recepção ou emissão de sinal de TV (CARVALHAIS, 2008).

A reflexão consiste na mudança de direção de propagação de energia da onda incidente nas pás, ou seja, consiste no retorno da energia incidente de uma direção à região de onde ela é oriunda, após entrar em contato com uma superfície refletora plana, como as pás do aerogerador. A interferência diminui com o aumento da distância do receptor ao aerogerador, mas mesmo assim, no pior caso, pode produzir efeitos desagradáveis até alguns quilômetros de distância.

Quando as pás estão imóveis o sinal dispersado pode aparecer na tela da TV como uma imagem fantasma, a rotação das pás, faz com que a imagem flutue, como o efeito descrito está relacionado com cada pá da turbina eólica, cada irá contribuir para interferência do sinal, dependendo da intensidade da interferência o sinal pode ser cortado (CARVALHAIS, 2008). Sendo assim a União Internacional de Telecomunicações – UIT faz algumas recomendações ao se instalar um parque eólico que se evite instalar receptores e transmissores de Rádio e TV próxima a parques eólicos e se evite também a instalação dos parques próximos a esses dispositivos sob a alegação que a não observância dessa recomendação pode afetar de maneira significativa a transmissão de ondas de rádio e TV.

#### 4.6 O FENÔMENO “NIMBY”

NIMBY é um fenômeno que os ingleses batizaram com esta sigla que significa “Not In MyBackYard” que tem sua tradução em “Não no Meu Quintal”, refere-se a protestos de moradores e ambientalistas. Uma pesquisa feita na Itália mostrou que 70% dos protestos desse fenômeno foram feitos em relação a centrais de biomassa, hidroelétricas, usinas fotovoltaicas e usinas eólicas (VOXeurop, 2011).

Os motivos que levam as pessoas a terem esse medo são: insegurança, medo, desinformação, desconfiança. A mudança de atitude de países que não possuem um território tão propício para o desenvolvimento desse tipo de tecnologias como os países europeus, tem levado governantes a mudar de atitude quanto ao crescimento da participação na matriz energética. No Brasil esse fenômeno ainda não foi destacado, não tivemos manifestações em relação ao fenômeno NIMBY, isso pode ser pelo fato de onde as turbinas estejam sendo colocados, terem uma população que desconhece sobre o assunto, como no caso do parque Ventos de São Clemente que promoveu audiências públicas, porém o grande assunto em destaque foi somente os benefícios financeiros que o parque traria a comunidade, principalmente aqueles onde a empresa responsável pagaria pelo arrendamento da terra para a instalação das torres.

#### 4.7 A SÍNDROME DA TURBINA EÓLICA

Médicos patologistas e engenheiros tem feito estudos abrangentes a respeito das graves consequências fisiológicas de se residir próximo de parques eólicos. Eles identificaram duas categorias, tendo os fenômenos associados ao ruído das turbinas. A primeira categoria está relacionada com a Doença Vibroacústica (DVA), ela é caracterizada pelos danos causados nos tecidos ou órgãos. Já a segunda categoria está relacionada a Síndrome da turbina eólica (STE), esta possui sintomas como perturbação do sono, dores de cabeça, zumbido no ouvido, sensação de tremor ou vibração, nervosismo, arritmia cardíaca, náuseas, dificuldade de concentração e de memória e irritabilidade. As duas categorias são muito prejudiciais a saúde podendo, em casos extremos, levar a morte.

O ruído emitido pelas turbinas eólicas é composto por dois conjuntos de frequência diferentes. O ruído de baixa frequência (audível) entre o 20 Hz e 500 Hz e o inaudível (infrassons), que ocorre entre os 0 Hz e os 20 Hz. O STE é provocado pelos dois conjuntos, ao passo que a DVA é causada pelo último (BRANCO, 2006). A referência dos níveis de pressão sonora gerados pelas turbinas se encontra, na sua generalidade, entre 100 a 105 dB (A), o que corresponde a um nível de pressão muito mais baixa do que, por exemplo, a maioria das máquinas de construção. Para que o infrassom seja audível, até mesmo para uma pessoa com uma audição mais apurada, a uma distância de, por exemplo, 300 metros seriam necessários um nível de pressão sonora de 140 dB a 10 Hz, ou mais, no caso de frequências mais baixas a distâncias maiores, não existindo qualquer referência para turbinas eólicas que emitam infrassons próximos dessa grandeza. Recentemente, o ruído audível produzido pelas turbinas poderá ser caracterizado como um fenômeno de batimento,

pulsado, especialmente em períodos noturnos, devido à diferença entre o ar fresco ao nível do solo e do fluxo constante de energia em nível dos polos da turbina, o que correspondente a uma zona de "atmosfera estável", em que há pouco movimento vertical do ar. No período noturno, o ruído percorre grandes distâncias, sendo classificado como incomodativo para indivíduos que residem a cerca 2 Km dos parques eólicos, em terreno com relevo regular, e a 2,5 Km de distância em zonas de vale. Apurou ainda que as zonas montanhosas podem propiciar, ou não, as condições para que o som se propague a distâncias maiores. As turbinas eólicas industriais emitem ruído de baixa frequência, porém isso não é levado em consideração pelos defensores das energias renováveis, o fato é que a emissão de RBF é um problema que esse tipo de energia traz consigo e ele precisa ser levado em consideração nos projetos de implantação de parques eólicos, principalmente quando verificada a existência de comunidades nas proximidades do parque. (PARDAL, 2011).

#### 4.7.1 Fonte Sonora de Turbinas Eólicas

O som produzido pelas eólicas, devido ao seu funcionamento, poder-se-á classificar como fonte industrial sendo o som resultante da sua operação distinguido em quatro tipos (PARDAL, 2011)

- **Som Tonal:** Som com frequências discretas, causado por componentes mecânicos como as engrenagens, instabilidades aerodinâmicas que interagem com o rotor à superfície da lâmina, ou fluxos instáveis ao longo de buracos, fendas ou de uma ponta chanfrada;
- **Som de Banda Larga:** Caracterizado por uma distribuição contínua de pressão sonora com frequências superiores a 100 Hz, que resulta geralmente da interação das pás com a turbulência atmosférica;
- **Som de baixa frequência:** Representado por frequências na gama dos 20 a 100 Hz, geralmente associado com rotores a favor do vento, resultante do conflito da pá da turbina e fluxos anormais resultantes da corrente em torno da torre;
- **Som impulsivo:** Caracterizado por impulsos acústicos curtos ou sons de batimento que variam em amplitude com o tempo, originado pela interação das pás com fluxo de ar perturbado em torno da torre e do rotor a favor do vento.

As fontes sonoras podem ser divididas em duas categorias, sons mecânicos, resultantes da interação dos componentes das turbinas e sons aerodinâmicos, consequentes do fluxo de ar sobre as lâminas (PARDAL, 2011).

Os sons mecânicos são os que têm origem no movimento relativo dos componentes mecânicos e na resposta dinâmica entre eles. Como responsáveis pela produção de tais são referenciados a caixa de velocidades, gerador, ventoinhas de arrefecimento e equipamentos auxiliares como por exemplo, sistema hidráulico.

Uma vez que a emissão de som se associa à rotação dos componentes mecânicos e elétricos, o mesmo tende a apresentar características tonais (frequência constante), embora possa também apresentar componentes de banda larga. Também o eixo, o rotor e a torre podem atuar como amplificadores, transmitindo o som mecânico e irradiando-o. A propagação do som pode ser feita por via aérea a partir da superfície dos componentes ou do interior para o ar, ou por estruturas suportadas onde o som é transmitido ao longo de outros componentes estruturais antes de ser irradiado para o ar (PARDAL, 2011).

Já os sons aerodinâmicos são caracterizados pelo som de banda larga, aerodinâmico, é geralmente a maior componente das emissões acústicas das turbinas resultante do fluxo de ar em torno das pás, que resultam de forças aplicadas sobre as mesmas. Como representado na figura 4, ocorrem fenômenos complexos alusivos ao fluxo de ar onde cada um deles gera um som, (PIERPONT, 2006). O som aerodinâmico geralmente aumenta com a velocidade do rotor, sendo os vários mecanismos que geram som aerodinâmico divididos em três grupos que são:

- **Som de baixa frequência:** Correspondente à componente de baixa frequência do espectro sonoro resultante da passagem da pá contra o fluxo em torno da torre resultante das alterações da velocidade do vento ou na vertente das restantes pás;
- **Som Turbulento:** Depende da agitação atmosférica e dos resultados em relação com os locais ou flutuações de pressão local em torno da pá;
- **Som do aerofólio:** Específicos de componentes de banda larga, no entanto poderão resultar de componentes tonais devido aos bordos sem corte ou do fluxo de ar sob as fendas e buracos.

Existe diversas patologias associadas ao ruído de baixa frequência, entre elas foi verificado que indivíduos expostos a esse tipo de ruído acelerava o desenvolvimento de Lúpus Eritematoso (LED) bem como vitiligo associado a alterações imunológicas (BRANCO, 2006).

#### 4.7.2 Doença Vibroacústica – VDA

A doença vibroacústica é uma doença sistêmica que envolve todo o organismo, ela é causada pela exposição permanente ao RBF – Ruído de Baixa Frequência. A pré-disposição para o desenvolvimento de patologias ligadas ao RBF, varia de acordo com cada indivíduo, bem como como depende do tipo de profissão que cada um exerce, pessoas que trabalham na aviação, como pilotos, e pessoas que trabalham por um longo período em parques eólicos estão mais sujeitos ao RBF, devido a vibração e ruído com as quais esses profissionais estão expostos diariamente (BRANCO, 2006).

Essa doença apresenta um quadro de evolução referente ao tempo de exposição a DVA. O quadro 2 mostra essa evolução de acordo com a exposição a vibração (BRANCO, 2006)

Quadro 2 – Estágios da doença vibroacústica.

<b>Estágio Clínico</b>	<b>Sinal/Sintomas</b>
Estágio 1 – Ligeiro (1 - 4 anos)	Alterações no humor, indigestão, infecções na orofaringe e bronquite.
Estágio 2 – Moderado (4 – 10 anos)	Dor no peito, alterações no humor, dores lombares, fadiga, infecções, infecção na pele por fungos, vírus e parasitas, inflamação da superfície gástrica, dor ao urinar e sangue na urina, conjuntivite e alergias.
Estágio 3 – Severo (>10anos)	Distúrbios psiquiátricos, hemorragias, úlceras, cefaléias, dores articulares, musculares intensas, alterações neurológicas.

Fonte: BRANCO, 2006.

#### 4.7.3 Síndrome da Turbina Eólica

Segundo Pierpont, 2011, que realizou diversos estudos a respeito dessa patologia ligada a aerogeradores, com o objetivo de definir a Síndrome da Turbina Eólica através de uma compilação de sintomas que se iniciam quando turbinas eólicas entram em funcionamento e que diminuem ou desaparecem quando os mesmos estão desligados ou quando os indivíduos se afastam das mesmas. Os sintomas passam por distúrbios de sono, o ruído audível ou sensações físicas de pulsação ou pressão dificultam a capacidade do indivíduo para adormecer, fazendo com que o mesmo acorde (PIERPONT, 2009).

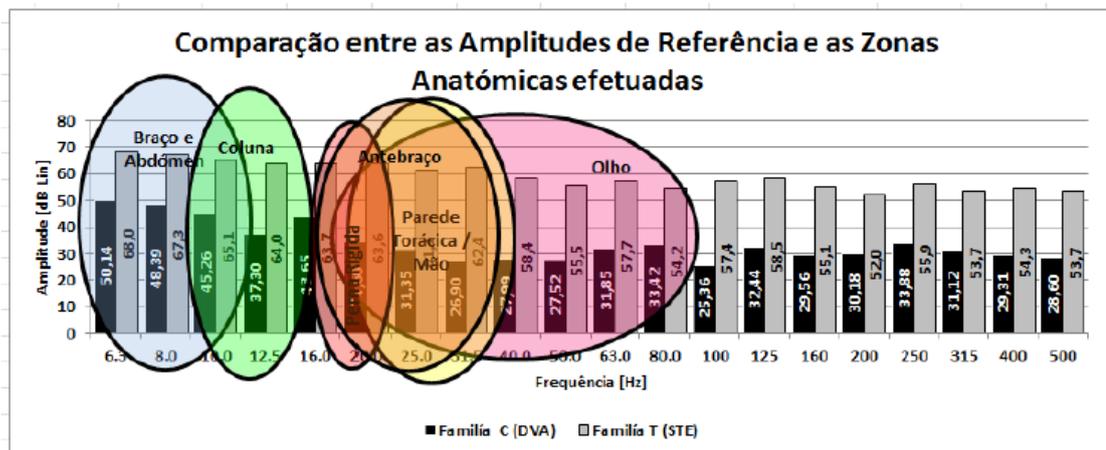
Sintomas como dores de cabeça, que sofrem um aumento de frequência ou gravidade; tonturas, instabilidade e náusea; exaustão, ansiedade, raiva, irritabilidade e depressão; problemas de concentração e aprendizagem e zumbido nos ouvidos (PIERPONT, 2009).

Os estudos alertam que sintomas causados pela síndrome podem ter efeitos que são passageiros porém recorrentes em pacientes, essa síndrome causa problemas de concentração, tonturas e problemas relacionados com a memória de curto prazo, essa síndrome em crianças apresenta uma perturbação quanto ao aprendizado no desenvolvimento escolar, ou seja, crianças que são expostas ao ruído de baixa frequência e chegam a desenvolver a síndrome da turbina eólica podem prejudicar seu desenvolvimento escolar (PIERPONT, 2009). Ela alerta ainda que a síndrome pode perturbar o sono, os níveis de hormônio de estresse, a alteração da pressão arterial e ainda risco cardiovascular.

No entanto, nem todos os indivíduos que vivem perto parques eólicos desenvolvem os sintomas, o que se relaciona com as diferenças de suscetibilidade de cada indivíduo. As tonturas (especificamente) e a ansiedade estão relacionadas com fenômenos neurológicos, sendo que, a ansiedade e depressão não se

encontram propriamente associadas a sintomas devido à proximidade de parques eólicos, no entanto, poderão corresponder à resposta neurológica relacionada com as perturbações de sono, que poderão também criar ansiedade e depressão (BRANCO, 2006). A figura 55 mostra a relação entre a frequência e as partes afetadas no corpo humano devido tanto a VDA quanto a STE.

Figura 55 – Relação entre a amplitude de frequência e as zonas anatômicas afetadas no corpo humano.



Fonte: BRANCO, 2006.

#### 4.8 IMPACTOS SOCIOECONÔMICOS DE EM EMPREENDIMENTOS GERADORES DE ENERGIA

Além dos impactos ambientais a qualquer construção de grande porte, sejam por hidrelétricas, termelétricas, usinas de biomassa, usinas fotovoltaicas ou usinas eólicas, há também de se considerar os impactos socioeconômicos que empreendimentos desse porte causam nas comunidades onde são inseridos e em toda a região à sua volta. Vários relatos têm sido colocados em questão a esse respeito, os moradores das vizinhanças dessas construções têm reclamado com veemência dos problemas de ordem social que esse tipo de desenvolvimento traz consigo, são relatos de aumento de criminalidade, roubo, furto, tráfico de entorpecentes, prostituição, assassinatos. Esses problemas fazem parte de qualquer empreendimento e diferente dos impactos ambientais que podem ser observados com maior relevância em termelétricas ou hidrelétricas do que em usinas eólicas, os impactos sociais são sentidos pela comunidade para qualquer tipo de construção seja ela de uma grande hidrelétrica ou de um parque eólico.

A construção da Usina hidroelétrica Belo Monte, no rio Xingú (PA), cria atualmente o maior êxodo migratório dos últimos anos. São milhares de pessoas que rumam para Altamira (PA), cidade situada a 800 quilômetros de Belém, só de operários a construção chegou a contar com 28 mil trabalhadores, número 5 mil

acima da previsão original. Além das mudanças geográficas e a nova perspectiva para exploração econômica de recursos naturais em larga escala nessa região amazônica, Belo Monte representa a mudança definitiva para uma região que convive ainda hoje sob carências de infraestrutura básica e um ambiente de violência, gerado pela ocupação irregular do território, a grilagem de terras e a exploração ilegal da madeira (ALMEIDA, 2016).

A expectativa é que Belo Monte altere para sempre a vida de Altamira e de todas as cidades da região, com a previsão de que 20 mil famílias sejam retiradas de suas propriedades e realocadas em algum ponto da região dando espaço para a construção de Belo Monte. Em Altamira, cidade polo regional, a população deverá dobrar de 100 mil para 200 mil habitantes, porém é preocupante essa informação se levarmos em consideração que a cidade não se preparou para receber esse quantitativo de pessoas, o inchaço populacional afetará de forma drástica os sistemas de segurança pública, saúde e educação de um município que já tem uma estrutura precária (ALMEIDA, 2016).

Outro exemplo preocupante é a construção do parque eólico Ventos de São Clemente no agreste de Pernambuco, esse complexo está situado entre três municípios sede: Caetés, Capoeiras e Pedra. Porém como são cidades de pouca infraestrutura as empresas alocaram partes dos trabalhadores em Garanhuns cidade com 200 mil habitantes situada à 250 Km da capital Recife. Segundo dados da Secretaria de Defesa Social de Pernambuco, os problemas enfrentados por esses municípios em relação ao crescimento da violência tem se agravado com a evolução da construção. Assim como ocorreu na construção de Belo Monte, essas cidades foram invadidas por um exército de operários que passaram a conviver com os moradores locais, em Caetés, cidade que tinha pouco mais de 19 mil habitantes passou a contar com quase 28 mil. Daí começaram a surgir diversos problemas, a cidade conta apenas com duas escolas que ofertam ensino médio, uma de ensino fundamental, um hospital com capacidade para atender 60 pessoas por dia e de apenas 10 internações. O efetivo policial do município é de apenas uma viatura e quatro policiais. Com tudo isso estava já programado que os problemas viriam, e vieram segundo dados da SDS – Secretaria de Defesa Social do estado à criminalidade aumentou de forma considerada após o início das obras (SDS, 2017). A tabela 8 mostra o aumento dos casos de estupro ocorrido nos municípios sede e nos vizinhos.

Tabela 8 – Casos de estupro de 2012 à 2016 no agreste pernambucano

<b>Município</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>
Caetés	1	4	4	5	5
Capoeiras	1	6	6	4	5
Garanhuns	10	12	49	56	57
Pedra	1	2	6	9	12

Em relação aos crimes violentos letais intencionais também houve um aumento significativo como mostra a tabela 9.

Tabela 9 – Crimes violentos letais no agreste pernambucano

<b>Município</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>
Caetés	1	2	7	9	11
Capoeiras	2	3	7	10	13
Garanhuns	17	15	49	73	79
Pedra	1	5	9	11	12

Fonte: SDS, 2017.

A tabela 10 traz a evolução dos crimes violentos contra o patrimônio ocorridos após o início das obras do parque eólico em 2012.

Tabela 10 – Crimes violentos contra o patrimônio no agreste pernambucano

<b>Município</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>
Caetés	8	14	62	40	53
Capoeiras	10	16	15	23	42
Garanhuns	301	315	432	833	1012
Pedra	1	7	8	19	43

Fonte: SDS, 2017.

Os dados mostram que nem sempre uma obra desse porte traz apenas benefícios ao município onde será instalado, se seu projeto não for cuidadosamente bem elaborado pode trazer consequências permanentes as comunidades locais bem como ao seu modo de vida, em visita ao parque eólico de São Clemente pode-se perceber os impactos socioeconômicos que o mesmo causou a cidade pacata a qual me acostumei a viver, uma cidade que atualmente vive com o medo constante de assaltos, comércios que abriam até as 22 horas hoje fecham às 18 horas, as pessoas idosas perderam o hábito de ficar conversando com seus vizinhos nas calçadas, as praças da cidade após as 18 horas ficam desertas, o sistema educacional tem 45 alunos por turma e muitos sem vaga fora da escola, o sistema de saúde não dispõe de médicos plantonistas e o serviço médico só é disponibilizado a cada dois dias, a taxa de ocupação desordenada aumentou consideravelmente, o atual prefeito da cidade destacou que os impostos que deveriam fazer com que o município tivesse uma folga no orçamento e assim pudesse investir em setores essenciais como educação, saúde e segurança simplesmente não estão sendo repassados, há um entreve que já entrou na esfera jurídica, pois a empresa responsável pelo parque alega que o município não tem

direito a receber pela geração, segundo ela o município que tem o direito é o qual compra a energia, no caso do parque de São Clemente a energia produzida foi vendida para o Rio Grande do Sul.

#### 4.9 POSSÍVEIS IMPACTOS AMBIENTAIS E SOCIOECONÔMICOS NO ESTADO DO AMAPÁ CASO UM PARQUE EÓLICO VENHA A SER INSTALADO

##### 4.9.1 Impactos socioeconômicos

A costa amapaense é formada por municípios pequenos que tem sua atividade básica na agricultura e pesca, são municípios com baixa taxa habitacional, a costa compreende os municípios de Santana, Macapá, Amapá, Calçoene e Oiapoque, além das cidades de Macapá e Santana, que são os maiores municípios do estado e tem uma economia mais diversificada, os outros municípios não possuem outra fonte de renda a não ser os citados anteriormente, logo um empreendimento desse porte ao ser instalado na costa amapaense poderia trazer os mesmos efeitos que foram relatados no Parque Eólico Ventos de São Clemente no agreste pernambucano. Ao se comparar o nível de estruturas das cidades citadas no agreste pernambucano com os citados na costa amapaense, os municípios daqui possuem uma infraestrutura muito pior, sendo assim se houvesse uma invasão populacional sem o devido planejamento poderia levar os municípios ao estado de caos, pois se nem a capital seria capaz de absorver um quantitativo expressivo de pessoas na prestação de serviços públicos, sendo assim se a capital que teoricamente possui uma estrutura melhor não tem condições de absorver esse impacto, municípios como Amapá que hoje possui 8.690 habitantes, Calçoene com 10.345 e Oiapoque 24.892 (IBGE, 2010), teriam um problema ainda maior. A figura 56 mostra o mapa do Amapá.

Figura 56 - Mapa do Amapá



Fonte: GOOGLE MAPS, 2017.

Problemas como falta de médicos, escolas, segurança são constantes nesses municípios e com a invasão de um grande número de trabalhadores levariam os sistemas públicos a um estado caótico. Nem sempre as audiências públicas, que são instrumentos obrigatórios de uma licitação desse tipo de obra, tratam das questões socioeconômicas, na sua grande maioria são tratados apenas os impactos socioambientais que são exigidos por lei através da elaboração do EIA e RIMA.

#### 4.9.2 Possíveis Impactos ambientais que seriam causados ao instalar um Parque Eólico no Amapá

Instalar um parque eólico no Amapá requer a superação de alguns desafios dentre eles o ambiental, pois o estado do Amapá possui cerca de 73% de seu território em áreas protegidas, unidades de conservação e terras indígenas, sendo o estado com maior percentagem de áreas protegidas do Brasil (SEMA, 2012), assim os desafios para elaborar um projeto de um parque eólico que seja economicamente viável e sustentável é enorme. O estado é detentor de uma grande heterogeneidade ambiental, que inclui áreas de mangues, campos inundáveis, enclaves de cerrado, floresta de várzea firme e de terra firme. A área de proteção ambiental abrange 10,25 milhões de hectares distribuídos por todo o estado.

No estado do Amapá as primeiras áreas com esse propósito foram o Parque Florestal da Fazendinha, em 1974, atualmente chamada de APA da Fazendinha e a Terra Indígena Galibi criada em 1982 (SEMA, 2012). As terras protegidas do Amapá dividem-se em Terras Indígenas e Unidade de Conservação Ambiental, estas estão classificadas em dois grupos:

- Unidade de Uso Sustentável;
- Unidade de Proteção Integral.

O primeiro grupo está dividido em:

- Reserva de Desenvolvimento Sustentável;
- Reserva Extrativista, Área de Proteção Ambiental;
- Reserva Particular do Patrimônio Natural;
- Floresta Nacional; Floresta Estadual.

O segundo grupo está dividido em:

- Reserva biológica;
- Estação Ecológicas;
- Parque Nacional;
- Parque Municipal.

Ainda se somam as áreas de uso restrito do estado: 5 Terras Indígenas e 19 Unidades de Conservação, sendo 7 federais, 5 estaduais e 2 municipais. Há ainda 5 Unidades de Conservação Particulares (SEMA, 2012).

Apesar de ter a maior parte do seu território protegido o Amapá tem uma vantagem para exploração de energia eólica, pois a maior parte das áreas de proteção ambiental não estão localizadas na costa desta forma estão fora da área de potencial eólico mostrada no atlas do potencial eólico pelo CRESESB, Todavia caso haja potencial efetivo, a partir de medições de ventos em um estudo aprofundado, o fato do estado ser considerado o mais protegido do Brasil não seria um entrave inicial para a construção, tendo em vista que é bem mais simples a aprovação das licenças ambientais do que se essas áreas protegidas estivessem distribuídas pela costa amapaense. No entanto caso o potencial eólico se mostrasse mais interessante no interior do estado, como ocorreu em Pernambuco com o parque eólico de São Clemente, os problemas ambientais e as concessões dessas licenças seriam bem mais complexas.

O quadro 3 mostra as áreas protegidas do estado, a categoria de proteção e a jurisdição para fiscalizar a exploração nessas áreas.

Quadro 3 – Áreas de proteção ambiental do Amapá

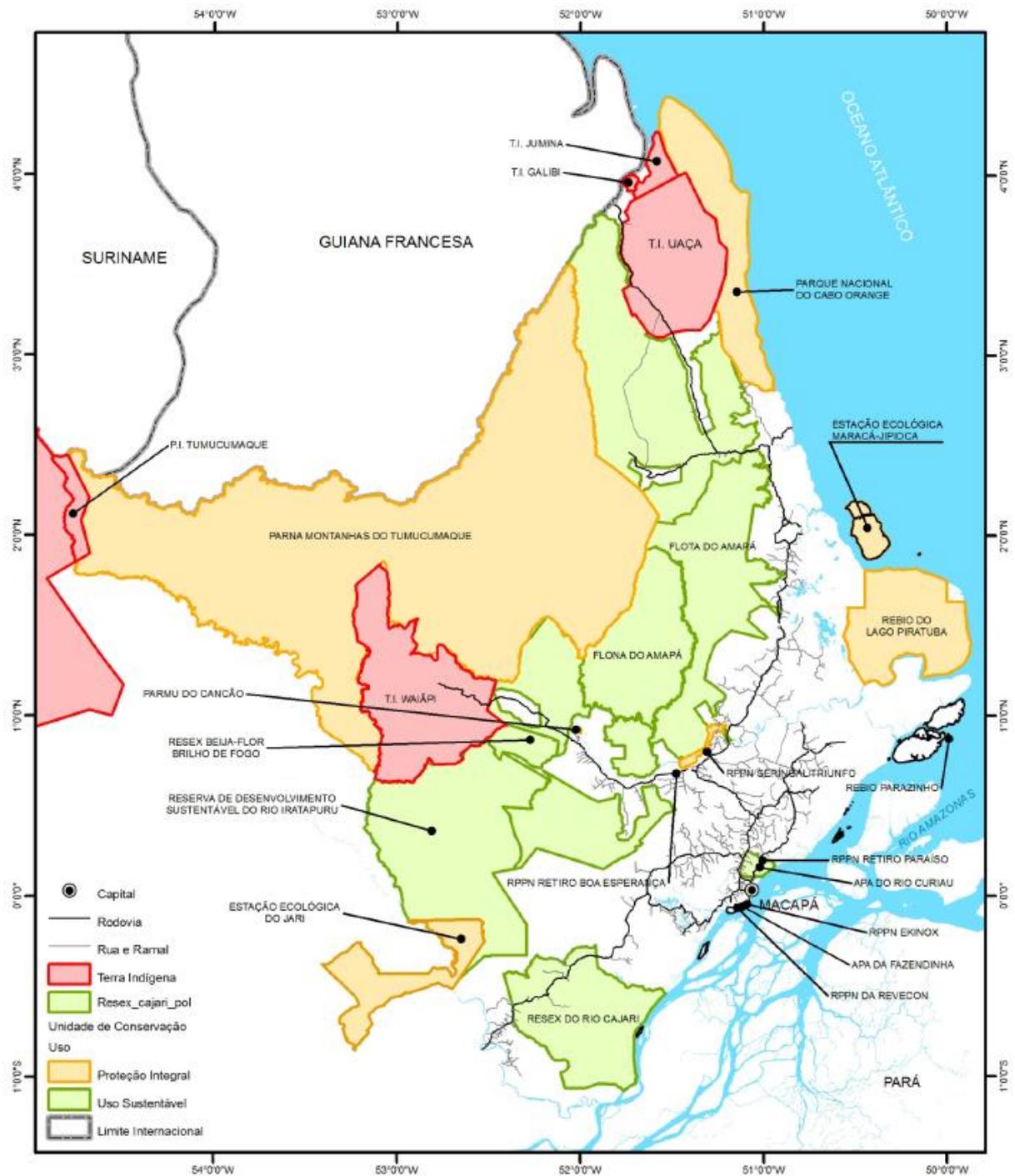
<b>UNIDADES DE CONSERVAÇÃO</b>	<b>CATEGORIA</b>	<b>JURISDIÇÃO</b>
Parque Nacional das Montanhas do Tumucumaque – PARNA – TU	Proteção Integral	Federal
Floresta Estadual do Amapá - FLOTA	Uso Sustentável	Estadual
Reserva Sustentável do Rio Iratapuru – RDS-IRA	Uso Sustentável	Estadual
Parque Nacional do Cabo Orange – PARNA – CO	Proteção Integral	Federal
Reserva Extrativista do Rio Cajari – RESEX – CA	Uso Sustentável	Federal
Floresta Nacional do Amapá – FLONA	Uso Sustentável	Federal
Reserva Biológica do Lago Piratuba – REBIO- PI	Proteção Integral	Federal
Estação Ecológica do Jari – ESEC – JÁ	Proteção Integral	Federal
Estação Ecológica do Maracá Jipiôca – ESEC – MJ	Proteção Integral	Federal
Reserva Extrativista Municipal Beija-flor – RESEX – BF	Proteção Integral	Federal
Área de Proteção Ambiental do Curiaú – APA – CUR	Uso Sustentável	Estadual
Parque Natural Municipal do Cancão – PARMU – CA	Proteção Integral	Municipal
Área de Proteção Ambiental da Fazendinha APA – FAZ	Uso Sustentável	Estadual
Reserva Biológica do Parazinho – REBIO – PA	Proteção Integral	Estadual
Reserva Particular do Patrimônio Natural Retiro Paraíso – RPPN - REP	Uso Sustentável	Federal
<b>UNIDADES DE CONSERVAÇÃO</b>	<b>CATEGORIA</b>	<b>JURISDIÇÃO</b>
Reserva Particular do Patrimônio Natural REVECON – RPPN - REV	Uso Sustentável	Federal
Reserva Particular do Patrimônio Natural Seringal Triunfo – RPPN - SE	Uso Sustentável	Federal
Reserva Particular do Patrimônio Natural Retiro Boa Esperança – RPPN - BOA	Uso Sustentável	Federal
Reserva Particular do Patrimônio Natural Aldeia Ekinox – RPPN - EK	Uso Sustentável	Federal
Terras Indígenas do Parque do TUMUCUMAQUE – TI	-	Federal
Terras Indígenas Uaçá – TI- UAÇÁ	-	Federal
Terras Indígenas Juminã – TI – JUMINÃ	-	Federal

Terras Indígenas do Galibi – TI – GALIBI	-	Federal
Terras Indígenas Waiãpi – TI – WAIÃPI	-	Federal

Fonte: SEMA, 2012.

A figura 57 traz as áreas de proteção ambiental do estado do Amapá e sua categoria de preservação.

Figura 57 – Áreas protegidas do Amapá



FONTE: SEMA, 2012.

## CONCLUSÃO

A energia eólica está em pleno desenvolvimento, com a pressão internacional sobre os impactos ambientais causados pelo uso do petróleo, usinas nucleares e desmatamento de florestas aliado ao consumo inconsequente de energia elétrica da sociedade moderna tem feito esse tipo de energia alternativa ganhar cada vez mais destaque em países que desejam variar sua matriz energética. O Brasil por ser um país com uma imensa capacidade de diversificação dessa matriz devido aos recursos naturais abundantes tem feito um esforço, embora que ainda seja pouco, se comparado a países que não possuem os mesmos recursos e mesmo assim tem em sua matriz uma participação maior desse tipo de energia como a China e Índia. O Brasil tem, atualmente, aproximadamente 7% de geração eólica em comparação com a matriz total, são 418 empreendimentos eólicos em operação, 153 em construção e 181 com construção ainda não iniciada (ANEEL, 2017), desta maneira, quando esses empreendimentos estiverem em operação a participação da energia eólica no país aumentará consideravelmente. Em 2014 o país atingiu a marca de 4º maior produtor de energias renováveis do mundo (MME, 2016).

Tudo isso leva a crer que a região Norte não ficará por muito tempo fora da mira de grandes empresas exploradoras desse tipo de energia renovável, dessa forma um estudo detalhado sobre os impactos causados por esses tipos de empreendimentos precisa ser levado em consideração, principalmente na parte social, para que não ocorra no Amapá o que ocorreu na região Nordeste, que viu cidades pequenas e pacatas se transformarem em redutos de prostituição, uso de drogas, além de ver os índices de criminalidade saltarem a partir da construção dos parques eólicos que foram ali implantados, não repetir os mesmos erros será de grande valia para toda a população amapaense.

Para que a inserção desta fonte de energia eólica na matriz energética no Norte e, em especial, no estado do Amapá, precisa respeitar os aspectos ambientais, sociais e econômicos. Recomenda-se que sejam observados todos os processos relacionados às etapas de licenciamento ambiental (LL, LI e LO) e a elaboração do EIA/RIMA, levando em consideração as comunidades próximas ao empreendimento eólico a ser implantado. Alguns condicionantes devem ser executados na forma de um plano ou programa para minimizar ou compensar os impactos ocasionados pelos empreendimentos eólicos.

A energia eólica se configura como uma fonte limpa e renovável, de baixo impacto ambiental se comparada à uma hidrelétrica, termelétrica ou uma usina nuclear, sendo assim esse tipo de projeto se encaixaria no Amapá que apesar de ter uma grande parte do seu território com proteção ambiental seja ela Federal, estadual ou Municipal, apresenta sua costa fora das áreas de proteção e caso haja a confirmação da viabilidade, em termos de velocidade de vento necessária ao empreendimento eólico, o projeto será viável no ponto de vista dos impactos ambientais. Deve-se levar em consideração que os estudos de impactos ambientais

e produção do relatório de impactos ambientais a serem produzidos pelas empresas observem fielmente toda a fauna, flora do local a fim de que esse tipo de projeto cause o menor impacto possível, deve-se considerar ainda no plano de implantação o auxílio às comunidades que cercarão o projeto, tendo em vista que na sua grande maioria trabalha com agricultura familiar e pesca, o auxílio às cidades que no caso do Amapá é ainda mais crítico que no restante do país, pois não possuem estrutura de educação, saúde e segurança para receber uma obra desse porte. Caso tudo isso seja observado um empreendimento desse porte trará grandes consequências para o estado como geração de emprego e renda já que o estado depende quase que totalmente do poder público. É preciso ainda antes da implantação que o poder público, as universidades e setores técnicos forneçam a capacitação profissional necessária para que essas empresas possam aproveitar a mão-de-obra local, perpetuando assim a geração de renda local. Para implantação de um parque eólico no Amapá necessitará de um estudo de solo detalhado, pois temos uma boa parte do solo amapaense argiloso o que dificulta na implantação das bases de sustentação da torre. Um ponto positivo para a implantação de um parque eólico no Amapá será a facilidade da logística pelo fato do estado ser banhado por rios em sua maior parte.

## BIBLIOGRAFIA

ABEEÓLICA – Associação Brasileira de Energia Eólica. **Dados de Produção Mundial de Energia Eólica**. Disponível em: <[www.portalabeeolica.org.br](http://www.portalabeeolica.org.br)>. Acesso em: 8 de Jan. 2017.

ABEER - Associação Brasileira de Empresas de Energias Renováveis. **Impactos Ambientais de Turbinas em Aves**. Disponível em: <[www.abeer.com.br/impactos-ambientais-aves](http://www.abeer.com.br/impactos-ambientais-aves)>. Acesso em: 12 de Fev. 2017.

Adwen, **Adwen and LM Wind Power partner to present the longest blade in the world**, 2017. Disponível em <<http://www.adwenoffshore.com/adwen-and-lm-wind-power-partner-to-present-the-longest-blade-in-the-world-2/>> Acessado em 05 de Abr. 2017.

Adwen, **8 MW PLATAFORM**, 2017. Disponível em <<http://www.adwenoffshore.com/products-services/products/8-mw-turbines/>> Acessado em 05 de Abr. 2017.

ALMEIDA, LALO – **Impactos de Belo Monte**. Disponível em: <[www.laloalmeida.com.br/pt](http://www.laloalmeida.com.br/pt)>. Acesso em: 10 de Fev. 2017.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica – **Matriz Energética em 2017**. Disponível em: <[www.aneel.gov.br](http://www.aneel.gov.br)>. Acesso em: 1 de Out. 2016.

.**Atlas de Energia Elétrica do Brasil, 2008**. Disponível em: <[www.aneel.gov.br](http://www.aneel.gov.br)>. Acesso em: 1 de Out. 2016.

.**BIG – Banco de Informações de geração em 2017**. Disponível em: <[www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm](http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm)>. Acesso em: 28 de Jan. 2017.

.**Comercialização de Energia Eólica**. Disponível em: <[www.aneel.gov.br/comercializacao-eolica](http://www.aneel.gov.br/comercializacao-eolica)>. Acesso em: 05 de Dez. 2016.

.**Programa de incentivo às fontes alternativas**. Disponível em: <[www.aneel.gov.br/proinfra](http://www.aneel.gov.br/proinfra)>. Acesso em: 4 de Out. 2016.

BRANCO, Nuno Castelo. **Respiratory epithelia in Wistar rats after 48 hours of continuous exposure to low frequency noise**. Porto. Vol 5. Revista Portuguesa de Pneumologia. f 473- 479. 2006.

. **Doença Vibroacústica**. Porto. Revista Segurança n.º161. 2006.

CCEE - Câmara de Comercialização de Energia Elétrica. **Leilões de Energia Eólica**. Disponível em:<[http://www.ccee.org.br/portal/faces/pages\\_publico/inicio?\\_afLoop=238217594423899#%40%3F\\_afLoop%3D238217594423899%26\\_adf.ctrl-state%3Dwbhjeiu60\\_4](http://www.ccee.org.br/portal/faces/pages_publico/inicio?_afLoop=238217594423899#%40%3F_afLoop%3D238217594423899%26_adf.ctrl-state%3Dwbhjeiu60_4)>. Acesso em: 22 de Dez. 2016.

CARVALHO, P.; MONTENEGRO, F. **Tecnologia eólica no ensino de engenharia elétrica**. VIII Congresso Brasileiro de Energia. Rio de Janeiro, 2003.

CARVALHAIS, Pedro Manuel Almeida. **Interferências de Parques Eólicos Sobre a Transmissão de TV**. 2008. 38 f. Dissertação de Mestrado – Universidade do Porto. Porto, 2008.

CASA DOS VENTOS. **Parque Eólicos Implantados em Pernambuco Até 2016**. Disponível em: <[www.casadosventos.com.br](http://www.casadosventos.com.br)>. Acesso em: 13 de Nov. 2016.

CEPEL. **Novas Energias Renováveis**. Disponível em: <[www.cepel.br/linhas-de-pesquisa/novas-energias-renovaveis.htm](http://www.cepel.br/linhas-de-pesquisa/novas-energias-renovaveis.htm)>. Acesso em: 12 de Dez. 2016.

COSTA, Jânio Soares da. **O Potencial de Energia Eólica no Amapá Para Atendimento a Comunidades Isoladas**. 2006. 85 f. Trabalho de especialização – Universidade Federal do Pará, Belém. 2006.

CRESESB - Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito, 2008. **Atlas Eólico**. Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br/>>. Acesso em: 21 de Out. 2016.

CRESESB - Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito, **Tipos de aerogeradores para geração de energia elétrica**, 2008. Disponível em <[http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=com\\_content&lang=pt&cid=231](http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=com_content&lang=pt&cid=231)> Acesso em: 05 de Abr. 2017

.**Geração Eólica por Estado**. Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br/>>. Acesso em: 21 de Out. 2016.

CUSTÓDIO, Ronaldo dos Santos. **Energia Eólica: Para Produção de Energia Elétrica**. Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2009.

DALMAZ, Alessandro. **Energia Eólica para Geração de Eletricidade e a Importância da Previsão**. Revista ABCM – Engenharia, 2008.

ELETROVENTO. **Turbina Eólica de Pequeno Porte**. Disponível em: <[www.eletrovento.com.br/produto/categoria/energia-eolica/](http://www.eletrovento.com.br/produto/categoria/energia-eolica/)>. Acesso em: 11 de Fev. 2017.

ELETROBRAS CEPEL - Centro de Pesquisas de Energia Elétrica. **Energia Eólica**. Disponível em: <[www.cepel.br/linhas-de-pesquisa/menu/energia-eolica.htm](http://www.cepel.br/linhas-de-pesquisa/menu/energia-eolica.htm)>. Acesso em: 3 de Dez. 2016.

EPE - Empresa de pesquisa energética, **Plano Nacional de Energia**. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/pne/forms/empreendimento.aspx>>. Acesso em: 21 de Dez. 2016.

Evolução da Energia Eólica. **Energia Eólica no mundo**. Disponível em: <[www.evolucaoenergiaeolica.wordpress.com/energia-eolica-no-mundo/](http://www.evolucaoenergiaeolica.wordpress.com/energia-eolica-no-mundo/)>. Acesso em: 2 de Jan. 2017.

FARIAS, Talden Queiroz. **Evolução Histórica da Legislação Ambiental**. In: Âmbito jurídico, Rio Grande, X, n. 39. Mar. 2007.

FEAM - FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTAL. Comunicado Técnico Nº 2 – **Utilização da Energia Eólica no estado de Minas Gerais; Aspectos Técnicos e**

**Meio Ambiente. 2013.** Disponível em: <<http://www.feam.br/mudancas-climaticas/publicacoes>>. Acesso em: 10 de Fev. 2013.

GAMESA. **Instalações de Turbinas Eólicas.** Disponível em: <<http://www.gamesacorp.com/en/>>. Acesso em: 14 de Fev. 2017.

GETTYIMAGES. **Imagens de Turbina Eólica de Eixo horizontal.** Disponível em: <<http://www.gettyimages.pt/detail/foto/large-wind-farm-fotografia-de-stock/615206728>>. Acesso em: 17 de Jan. 2017.

GWEC – Global Wind Energy Council – **Capacidade de Energia Eólica Instalada no Mundo,** 2015. Disponível em: <[http://www.gwec.net/wp-content/uploads/vip/GWEC-Global-Wind-2015-Report\\_April-2016\\_22\\_04.pdf](http://www.gwec.net/wp-content/uploads/vip/GWEC-Global-Wind-2015-Report_April-2016_22_04.pdf)>. Acesso em: 12 de Fev. 2017.

GONÇALVES, M.SALLES, J., PIZOLATTO, N. **Implantação de uma Usina Eólica – Avaliação Estatégica e Análise da Viabilidade operacional e econômica do projeto.** In: SIMPÓSIO DE PESQUISA OPERACIONAL E LOGÍSTICA DA MARINHA. Rio de Janeiro.

GTREI, **GLOBAL TRENDS IN RENEWABLE ENERGY INVESTMENT 2016.** FrankfurtSchool. Disponível em <[http://fs-unep-centre.org/sites/default/files/publications/globaltrendsrenewableenergyinvestment2016lowres\\_0.pdf](http://fs-unep-centre.org/sites/default/files/publications/globaltrendsrenewableenergyinvestment2016lowres_0.pdf)> ACESSADO em 24/02/2017.

HALLIDAY, David. **Gravitação Ondas e Termodinâmica.** Ed LTC. Rio de Janeiro. 2012.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – **Censo 2010.** Disponível em <[www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)> Acesso em: 10 de Fev. 2017.

INDUSTRIA HOJE, **O que é um gerador eólico,** 2014. Disponível em <<http://www.industriahoje.com.br/o-que-e-um-gerador-eolico>> Acessado em: 05 de Abr. 2017.

JACOBSON, M. Z., MASTERS, G. M. **Exploiting Wind Versus Coal** Science 293. August, 2005.

KALDELLIS, John. **The Wind Energy Evolution.**2011. Disponível em: <[www.elsevier.com/locate/renene](http://www.elsevier.com/locate/renene)>. Acesso em: 14 de Fev. 2017.

LACERDA, Kallil Rocha, **Projeto do sistema motriz de veículo do tipo Fórmula SAE Elétrico,** Brasília: UnB, 2015. Disponível em: <[https://fga.unb.br/articles/0001/0372/TCC\\_Kallil\\_VERSAO\\_de\\_entrega.pdf](https://fga.unb.br/articles/0001/0372/TCC_Kallil_VERSAO_de_entrega.pdf)> Acesso em: 05 de Abr. 2017.

LOUREIRO, Mario. **Motores Elétricos,** 2011. Disponível em: <<http://www.marioloureiro.net/tecnica/electrif/motores.pdf>>. Acesso em: 28 de Mar. 2017.

MIGRAINE, M. V. **Eoliennes, sons et infrasons: effets de l'eolien industriels sur la santé des hommes,** 2004. Disponível em: <[http://docs.wind-watch.org/villey-migraine\\_eoliennesinfrasons.pdf](http://docs.wind-watch.org/villey-migraine_eoliennesinfrasons.pdf)>. Acesso em: 10 out. 2016.

MINHO, Universidade do Minho, **Constituição de uma turbina eólica horizontal (TEH)**. Disponível em <<http://microeolica.weebly.com/constituiccedilatildeo-de-uma-teh.html>> Acessado em 03/03/2017.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. **Tipos de Licenças Ambientais**. 2016. Disponível em: <[www.mma.gov.br](http://www.mma.gov.br)>. Acessado em 21/12/2016.

MME - Ministério de Minas e Energia. **Ranking Mundial de Produção de Energia Eólica**. 2016. Disponível em: <[www.mme.gov.br](http://www.mme.gov.br)>. Acesso em: 1 de Nov. 2016.

NOGUEIRA, Sandro D'Amato. **Resumo de Direito Ambiental**, Leme/SP. BH Editora. 2008.

PARDAL, Tatiana. **Ruído ocupacional, 2013**. Disponível em: <[http://comum.rcaap.pt/bitstream/10400.26/4003/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O%20\\_2012%20v8.pdf](http://comum.rcaap.pt/bitstream/10400.26/4003/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O%20_2012%20v8.pdf)> Acesso em: 26 de Mar. 2017.

PE, Portal Energia – **Energias renováveis, Arquitectura e Estrutura de um Aerogerador Moderno**. Disponível em <<http://www.portal-energia.com/arquitectura-e-estrutura-de-um-aerogerador-moderno/>> Acesso em: 23 de Mar. 2017.

PIERPONT, Nina. **A síndrome da Turbina Eólica**, 2009.

Disponível em: <<http://www.windturbinesyndrome.com/img/Italian-final-6-6-10.pdf>> Acesso em: 26 de Mar. 2017.

PIOLI, Marília B. **A energia eólica e os impactos ambientais. 2010**. Disponível em: <[www.ambienteenergia.com.br/index.php/2010/a-energia-eolica](http://www.ambienteenergia.com.br/index.php/2010/a-energia-eolica)>. Acesso em: 2 de Fev. 2017.

RAMOS, Felipe e SEIDLER, Nelson - **Estudo da Energia Eólica para Aproveitamento em Pequenos Empreendimentos, 2011**. Disponível em: <[www.reitoria.uri.br/~vivencias/Numero\\_013/artigos/artigos\\_vivencias\\_13/n13\\_13.pdf](http://www.reitoria.uri.br/~vivencias/Numero_013/artigos/artigos_vivencias_13/n13_13.pdf)>. Acesso em 26 de Mar. 2017.

REIS, Mônica Magalhães. **Sistema Eólico de Pequeno Porte para Interligação a Rede Elétrica**. Fortaleza. 2008.

VECCHIA, Rodnei: **O Meio Ambiente e as Energias Renováveis**. Ed. Manole. São Paulo. 2009.

RICOSTI, J. F. C. **Inserção de energia eólica no sistema hidrotérmico brasileiro**. São Paulo, 2011. 211 fls. Dissertação de Mestrado, Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia, Universidade de São Paulo, 2011.

SDS – Secretaria Defesa Social de Pernambuco – **Índices Criminais 2016**. Disponível em: <[www.sds.pe.gov.br](http://www.sds.pe.gov.br)> Acesso em: 10 de Fev. 2017.

SEMA – **Atlas das áreas protegidas do Amapá**, publicado em 2012 – Disponível em : <[www.sema.ap.gov.br](http://www.sema.ap.gov.br)> Acesso em: 15 de Fev. 2017.

SENADO FEDERAL DO BRASIL – **Código das Águas. 2016** – Disponível em: <[www.senado.gov.br](http://www.senado.gov.br)> Acesso em: 05 de Fev. 2017.

SETEC – Secretaria de Estado de Ciência e Tecnologia, 2009 – **Eletrificação com Sistema Híbrido da Vila de Sucuriçu – AP**. Disponível em :<[www.setec.ap.gov.br/sucuriçu](http://www.setec.ap.gov.br/sucuriçu)>. Acesso em: 10 de Fev.2017.

SIEMENS. **Energias Renováveis: Turbinas Eólicas**. Disponível em: <[www.siemens.com.br/home/br/pt/cc/energiasustentavel/Pages/Energia-Sustent%C3%A1vel.aspx](http://www.siemens.com.br/home/br/pt/cc/energiasustentavel/Pages/Energia-Sustent%C3%A1vel.aspx)>. Acesso em: 10 de Fev. 2017.

Silentwind, **Aerogerador Silentwind 12V**, 2017. Disponível em <<http://www.silentwindgenerator.com/pt/aerogerador-silentwind/aerogerador-12v>> Acesso em: 05 de Abr. 2017.

SORVENIGO, Matheus Hobold. **Impactos dos Aerogeradores Sobre a Avifauna no Brasil**. 2009, 52 f. Trabalho de conclusão de curso – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

*THE NOISE ASSOCIATION. Location, Location, Location. An investigation into wind farms and noise by The Noise Association*, 2002. Disponível em: <<http://www.countryguardian.net/Location.pdf>>. Acesso em: 20 de Jan. 2017.

WEG. **Componentes de uma Turbina Eólica**. Disponível em: <[www.ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-solucoes-para-energia-eolica-50036044](http://www.ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-solucoes-para-energia-eolica-50036044)>. Acesso em: 11 de Fev. 2017.

WEG. **Motores Síncronos**. Disponível em: <[www.ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-motores-sincronos-50005369-catalogo-portugues-br.pdf](http://www.ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-motores-sincronos-50005369-catalogo-portugues-br.pdf)>. Acesso em: 12 de Fev. 2017.

WIND – POWER. **Geradores de energia eólica**. 2012. Disponível em <[www.wind-powergenerators.org/index/pt](http://www.wind-powergenerators.org/index/pt)> Acesso em: 1 de Jan. 2017.

**.Imagem de Turbina de Eixo Vertical**. . Disponível em <[www.wind-powergenerators.org/index/pt](http://www.wind-powergenerators.org/index/pt)>. Acesso em: 12 de Fev. 2017.

VOXeup. **O Fenômeno NIMBY, 2011**. Disponível em: <[www.voxeurop.com.eu/pt/energia-verde-nao-no-meu-quintal](http://www.voxeurop.com.eu/pt/energia-verde-nao-no-meu-quintal)>. Acesso em: 2 de Fev. 2017

WIND ENERGY. **Wind Energy The Facts. 2012**. Disponível em: <<http://www.wind-energy-the-facts.org/en/environment/chapter-2-environmental-impacts/onshore-impacts.html>>. Acesso em: 20 out. 2012.

ZAVATTINI, J.A. **As Chuvas e as Massas de Ar**. Ed UNESP. São Paulo. 2009.