

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROTÉCNICA
ESPECIALIZAÇÃO EM ENERGIAS RENOVÁVEIS**

VINÍCIUS CARDOSO DURGIEWICZ

**LEVANTAMENTO E DISPONIBILIZAÇÃO DE DADOS DAS USINAS EÓLICAS EM
OPERAÇÃO NO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA

2018

VINÍCIUS CARDOSO DURGIEWICZ

**LEVANTAMENTO E DISPONIBILIZAÇÃO DE DADOS DAS USINAS EÓLICAS EM
OPERAÇÃO NO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE**

Monografia de Especialização apresentada ao Departamento Acadêmico de Eletrotécnica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Energias Renováveis.

Orientador: Prof. Esp. Luiz Fernando Ortega

CURITIBA

2018

TERMO DE APROVAÇÃO

VINÍCIUS CARDOSO DURGIEWICZ

LEVANTAMENTO E DISPONIBILIZAÇÃO DE DADOS DAS USINAS EÓLICAS EM OPERAÇÃO NO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE

Esta Monografia de Especialização foi apresentada no dia 30 de outubro de 2018, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Energia Renováveis – Departamento Acadêmico de Eletrotécnica – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O aluno foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Jair Urbanetz Junior

Coordenador de Curso de Especialização em Energias Renováveis

Prof. Me. Romildo Alves dos Prazeres

Chefe do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica

BANCA EXAMINADORA

Prof. Esp. Luiz Fernando Ortega
Orientador - UTFPR

Prof. Dr. Jair Urbanetz Junior
UTFPR

Prof. Esp. Carlos Henrique Karam Salata
UTFPR

O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso

RESUMO

DURGIEWICZ, Vinícius Cardoso. **Levantamento e disponibilização de dados das usinas eólicas em operação no estado do Rio Grande do Norte**. 2018. 54 f. Monografia da Especialização em Energias Renováveis – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2018.

A preocupação crescente com a preservação do meio ambiente e a procura por uma matriz elétrica mais diversificada impulsionou a geração de energia elétrica no mundo a partir de fontes renováveis, como a fonte eólica. Dentro do território brasileiro, o estado do Rio Grande do Norte se destaca com estudos de pesquisa e desenvolvimento na área de planejamento e implantação de fontes alternativas de energia em seu sistema gerador elétrico. Atualmente sendo o maior produtor de energia através dos ventos com sua capacidade instalada de aproximadamente 3,5 GW o estado potiguar tem-se consolidado como um dos principais pólos do país em geração de energia renovável. Este trabalho contempla o levantamento das características de usinas eólicas (EOL) no estado do Rio Grande do Norte com o intuito de criação de uma base de dados para consulta pública visando à concentração e disponibilização das informações relativas às mesmas de maneira padronizada. A escolha do formato de uma página web para divulgação dos dados obtidos foi feita pelo fato da ampla difusão do uso de dispositivos móveis que possuem acesso à Internet, desta maneira as informações estariam disponíveis a qualquer momento e em qualquer lugar que tenha acesso à Internet.

Palavras-chave: Energia Eólica. Usina Eólica. Base de Dados. Rio Grande do Norte.

ABSTRACT

DURGIEWICZ, Vinícius Cardoso. **Survey and availability of data from operating wind farms in the state of Rio Grande do Norte**. 2018. 54 f. Dissertation of the Specialization in Renewable Energies – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2018.

The growing concern about the preservation of the environment and the search for a more diversified electrical matrix has boosted the generation of electric energy in the world from renewable sources, such as the wind power source. Within the Brazilian territory, the state of Rio Grande do Norte stands out with research and development studies in the area of planning and implementation of alternative sources of energy in its electric generator system. Currently being the largest producer of energy through the winds with its installed capacity of approximately 3.5 GW, the Potiguar state has become one of the main poles of the country in renewable energy generation. This work includes the survey of the characteristics of wind farms (EOL) in the state of Rio Grande do Norte in order to create a database for public consultation aiming at the concentration and availability of information related to them in a standardized way. The choice of the format of a web page to disseminate the data was made due to the widespread use of mobile devices that have access to the Internet, so the information would be available at anytime and anywhere that has access to the Internet.

Keywords: Wind Energy. Wind Farm. Database. Rio Grande do Norte.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Aerogerador Enercon E-44.....	15
Figura 2 - Relação escalas de tempo e espaço.....	17
Figura 3 - Formação dos ventos x deslocamento das massas de ar.....	18
Figura 4 - Efeito Coriolis sob a Terra.....	19
Figura 5 - Esquemático das células atmosféricas.....	20
Figura 6 - Relação velocidade vento x altura.....	21
Figura 7 - Exemplo de dispersão sob um obstáculo.....	24
Figura 8 - Comportamento do vento em cumes.....	24
Figura 9 - Componentes de um aerogerador de eixo horizontal.....	25
Figura 10 - Interior da nacele utilizando um gerador convencional.....	26
Figura 11 - Interior da nacele utilizando um gerador multipolos.....	27
Figura 12 - Gerador conectado a caixa de engrenagens.....	28
Figura 13 - Cubo do aerogerador.....	28
Figura 14 - Evolução aerogeradores.....	29
Figura 15 - Esquemático torre anemométrica.....	30
Figura 16 - Matriz elétrica brasileira 2017 (GW).....	32
Figura 17 - Geração da fonte eólica 2017 (MW médio).....	33
Figura 18 - Capacidade eólica acumulada 2017.....	34
Figura 19 - Capacidade eólica nova 2017.....	34
Figura 20 - Áreas mais promissoras para empreendimentos eólicos RN.....	35
Figura 21 - Rosa dos ventos anual RN.....	36
Figura 22 - Diagramas velocidade do vento e curvas de desempenho.....	37
Figura 23 - Página inicial BIG.....	40
Figura 24 - Página inicial SIGEL.....	41
Figura 25 - Exemplo filtro Excel.....	42
Figura 26 - Exemplo busca e substituição de caracteres.....	42
Figura 27 - Exemplo uso Calculadora Geográfica.....	43
Figura 28 - Tela padrão da aplicação em um smartphone.....	45
Figura 29 - Tela padrão da aplicação em um computador.....	45
Figura 30 - Mapa com localização das usinas.....	46
Figura 31 – Tela seleção usina.....	47

Figura 32 - Detalhes usina Geral	48
Figura 33 - Detalhes usina Info Legal	48
Figura 34 - Detalhes usina Info Técnica	49
Figura 35 - Detalhes usina Aerogeradores	49
Figura 36 - Tela busca usina	50
Figura 37 - Tela comparador usina.....	51

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÔNIMOS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BIG	Banco de Informações de Geração
CCEE	Câmara de Comercialização de Energia Elétrica
CEG	Código Único de Empreendimentos de Geração
COSERN	Companhia Energética do Rio Grande do Norte
DRO	Despachos de Registro de Recebimento de Requerimento de Outorga
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
EOL	Usina Eólica
GWEC	Global Wind Energy Council
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
IEA	International Energy Agency
IEC	International Electrotechnical Commission
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
SIGEL	Sistema de Informações Geográficas do Setor Elétrico

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	TEMA	11
1.1.1	Delimitação do Tema.....	12
1.2	PROBLEMAS E PREMISSAS	12
1.3	OBJETIVOS	12
1.3.1	Objetivo Geral.....	12
1.3.2	Objetivos Específicos	13
1.4	JUSTIFICATIVA	13
1.5	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	13
1.6	ESTRUTURA DO TRABALHO	14
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
2.1	ENERGIA EÓLICA	15
2.1.1	Principais Características e Fatores do Vento.....	15
2.1.1.1	Escalas de tempo e espaço	16
2.1.1.2	Radiação e o vento.....	17
2.1.1.3	Gradiente de pressão	18
2.1.1.4	Efeito de Coriolis	19
2.1.1.5	Circulação atmosférica	19
2.1.1.6	Camada limite.....	20
2.1.1.7	Velocidade em função da altura	20
2.1.1.8	Rugosidade do terreno	21
2.1.1.9	Turbulência.....	23
2.1.1.10	Influência de obstáculos	23
2.1.1.11	Influência de cumes.....	24
2.1.2	Componentes do Aerogerador	25
2.1.2.1	Torre de sustentação.....	25
2.1.2.2	Nacele.....	26
2.1.2.3	Gerador elétrico.....	27
2.1.2.4	Multiplicador	27
2.1.2.5	Cubo, rotor	28
2.1.2.6	Pás do aerogerador	29

2.1.3	Torres Anemométricas	29
2.1.4	Energia Eólica no Brasil e no Mundo.....	32
2.1.5	Potencial Eólico do Rio Grande do Norte	35
2.1.6	Impactos dos Sistemas Eólicos	37
3	METODOLOGIA	39
3.1	LEVANTAMENTO DOS DADOS BRUTOS.....	39
3.2	REFINAMENTO DOS DADOS BRUTOS	41
3.3	PADRONIZAÇÃO DOS DADOS	42
3.4	CONSTRUÇÃO DA PLATAFORMA.....	44
3.4.1	Layout padrão.....	44
3.4.2	Mapa.....	46
3.4.3	Detalhes.....	47
3.4.4	Busca.....	49
3.4.5	Comparador	50
3.5	HOSPEDAGEM E ACESSO	51
4	CONCLUSÃO	52
4.1	SUGESTÕES DE MELHORIAS E TRABALHOS FUTUROS.....	52
	REFERÊNCIAS.....	54

1 INTRODUÇÃO

A preocupação crescente com a preservação do meio ambiente e a procura por uma matriz elétrica mais diversificada, associado ao aumento na demanda energética aliado ao desenvolvimento industrial, impulsionou a geração de energia elétrica no mundo a partir de fontes renováveis, como a fonte eólica.

As fontes renováveis, inicialmente mais custosas, tornaram-se mais competitivas na medida em que se expandem; tal competitividade resulta na redução dos custos de maneira geral devido aos avanços tecnológicos e ganho de escala.

A produção de energia através de fontes renováveis representa importante avanço no que se refere ao uso dos recursos naturais. Com uma extensão territorial expressiva composta por diversas características de clima e relevo, estudos indicam que o Brasil possui um dos maiores potenciais para geração de energia através de fontes renováveis, destacando-se a eólica.

Dentro do território brasileiro, o estado do Rio Grande do Norte se destaca com estudos de pesquisa e desenvolvimento na área de planejamento e implantação de fontes alternativas de energia em seu sistema gerador elétrico. Atualmente sendo o maior produtor de energia através dos ventos com sua capacidade instalada de aproximadamente 3,5 GW o estado potiguar tem-se consolidado como um dos principais pólos do país em geração de energia renovável. Com expectativa de atingir 4,5 GW de potência instalada até 2020 no estado, comprova-se a excepcional qualidade dos ventos que circulam sobre às terras potiguaras para a geração de energia elétrica.

1.1 TEMA

Este trabalho contemplará o levantamento das características de usinas eólicas (EOL) no estado do Rio Grande do Norte com o intuito de criação de uma base de dados para consulta pública visando a concentração e disponibilização das informações relativas as mesmas de maneira padronizada.

1.1.1 Delimitação do Tema

O trabalho será delimitado apenas ao levantamento das características mais relevantes das usinas eólicas que estejam localizadas no estado do Rio Grande do Norte. Tais características são dadas a seguir:

- Usina eólica: nome, localização, proprietário, data início de operação, CEG, processos da ANEEL, atos legais, data DRO, potência total, potência fiscalizada, destino da energia, quantidade de aerogeradores, área da usina, localização geográfica dos aerogeradores, assim como a denominação, potência, altura da torre, diâmetro do rotor e altura total de cada aerogerador pertencente a respectiva usina.

Estarão presentes no levantamento apenas usinas que entraram em operação até o dia 31/12/2017, demais usinas (em estado de construção ou construção não iniciadas) estarão fora deste levantamento.

1.2 PROBLEMAS E PREMISSAS

Atualmente existem informações dispersas, não confiáveis e de difícil acesso a respeito das usinas eólicas no estado do Rio Grande do Norte sendo que existe uma demanda a respeito de tais dados e informações na qual sejam precisas, confiáveis e que possam ser acessadas de maneira rápida, fácil e democrática por toda a população.

O desconhecimento de tais dados gera uma opinião errônea, muitas vezes sendo arduamente criticadas por grande parte da população, a respeito da geração através das fontes renováveis (neste caso eólica); e através da coleta e disponibilização de forma organizada dos dados tais problemas podem ser minimizados de modo a difundir o conhecimento para toda a população.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

Levantar informações de forma padronizada a respeito de usinas eólicas localizadas no estado do Rio Grande do Norte.

1.3.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos deste trabalho podem ser citados a seguir:

- Abordar o cenário do estado do Rio Grande do Norte com relação a projetos eólicos em operação;
- Fazer um levantamento das principais características das usinas eólicas no estado do Rio Grande do Norte;
- Formatação dos dados obtidos de maneira padronizada;
- Disponibilização das informações de maneira intuitiva e de fácil acesso.

1.4 JUSTIFICATIVA

A relevância de tal estudo se deve a dispersão, confiabilidade e disponibilidade dos dados em discussão para o conhecimento público. Tais problemas acarretam em uma incompleta, e ou muitas vezes, má formação de opinião a respeito das fontes renováveis de energia (eólica neste caso).

Além disso será possível através deste estudo cruzar informações a respeito dos empreendimentos traçando assim um panorama de como os projetos até hoje desenvolvidos no estado do Rio Grande do Norte foram feitos e assim traçar, se possível, uma perspectiva de futuros novos empreendimentos a serem criados nesse estado.

1.5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este estudo tem como base o levantamento dos dados a respeito das usinas eólicas presentes no estado do Rio Grande do Norte que entraram em operação até a data de 31/12/2017.

Os dados das usinas em questão serão obtidos através de informações públicas disponibilizadas para população. Todas as características relevantes serão inseridas em uma planilha na qual será utilizada como base de dados para a futura ferramenta a ser construída para disponibilização de tais dados.

Com os dados refinados em mãos, uma maneira de apresentação dos dados de acesso fácil e intuitivo ao público em geral será criado.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está estruturado em quatro capítulos.

O capítulo um traz uma introdução e apresentação do problema, assim como, a justificativa para a realização de tal estudo e proposta de solução para o problema levantado.

O capítulo dois traz a fundamentação teórica do estudo, apresentando os principais componentes que participam do estudo dando assim a fundamentação teórica para a compreensão do trabalho.

No capítulo três será apresentada a metodologia da pesquisa de como os dados serão levantados, como serão utilizados para apresentação futura e relato da construção do sistema para demonstração de tais dados.

Por fim o capítulo quatro apresentará as conclusões obtidas através do levantamento dos dados traçando panoramas e esboçando as informações mais importantes do estudo.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A seguir será apresentado os principais componentes que participam do estudo visando uma melhor compreensão do trabalho.

2.1 ENERGIA EÓLICA

A energia eólica é a capacidade de produzir eletricidade usando os fluxos de ar que ocorrem na atmosfera terrestre naturalmente. Através das pás do aerogerador, a energia cinética do vento é captada e transformada em energia mecânica que por sua vez gira um eixo acoplado a um gerador que gera eletricidade. Na figura 1 está apresentado um exemplo de um aerogerador.

Figura 1 - Aerogerador Enercon E-44



Fonte: ENERCON (2018)

2.1.1 Principais Características e Fatores do Vento

A seguir serão apresentadas algumas das principais características e fatores dos ventos e suas influências sobre o mesmo.

2.1.1.1 Escalas de tempo e espaço

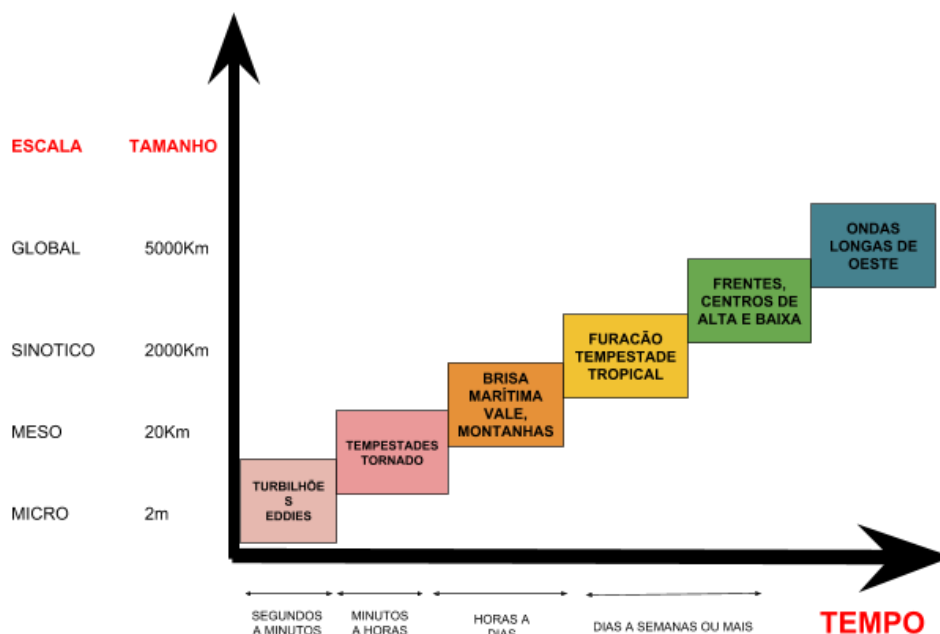
Na obra “A Atmosfera: Uma Introdução a Meteorologia” (em tradução livre), os pesquisadores F.K. Lutgens e E.J. Tarbuck alegam que diferentes padrões de circulação, com tempos de vida e dimensões diferentes podem ser estudados na meteorologia através de uma divisão em escalas; com isso os movimentos atmosféricos podem ser classificados de acordo com as escalas de tempo e espaço a seguir:

- **Microescala:** é nesta escala que ocorrem os fenômenos meteorológicos de menor importância e de menores dimensões (de 1 metro a 1 quilômetro) cuja duração também é pequena (1 segundo a 1 hora). Alguns fenômenos que podem ser classificados nesta escala são as formações de gotas de chuva, a disseminação dos poluentes atmosféricos e as interações no sistema solo-planta-atmosfera (LUTGENS e TARBUCK, 1995);
- **Mesoescala:** compreende os fenômenos de dimensões da ordem de 1 quilômetro até cerca de 100 quilômetros, com duração da ordem de 1 hora a 1 dia. Alguns exemplos de fenômenos desta escala são: "ilhas de calor", tornados, tempestades isoladas, brisas marítima-terrestre. Possui importância para o conhecimento do tempo de uma determinada região (LUTGENS e TARBUCK, 1995);
- **Escala sinótica:** abrange o estudo de uma grande porção horizontal da atmosfera terrestre, compreendendo a observação de imagens de satélite e mapas, possibilitando a constatação de fenômenos climáticos e meteorológicos de grande escala (como depressões, ciclones e anticiclones) na escala de 100 a 5000 km e tempos de vida de dias a semana (LUTGENS e TARBUCK, 1995);
- **Escala global:** visa o estudo dos padrões atmosféricos relacionados ao transporte de calor dos trópicos aos pólos. Enquadra-se também as

oscilações periódicas da atmosfera em grande escala (dimensões de 1000 a 40000 km). Tais oscilações podem compreender um período de tempo maior do que um ano, como por exemplo os efeitos do *El Niño* (LUTGENS e TARBUCK, 1995).

Em resumo na figura 2:

Figura 2 - Relação escalas de tempo e espaço



Fonte: Autoria própria

2.1.1.2 Radiação e o vento

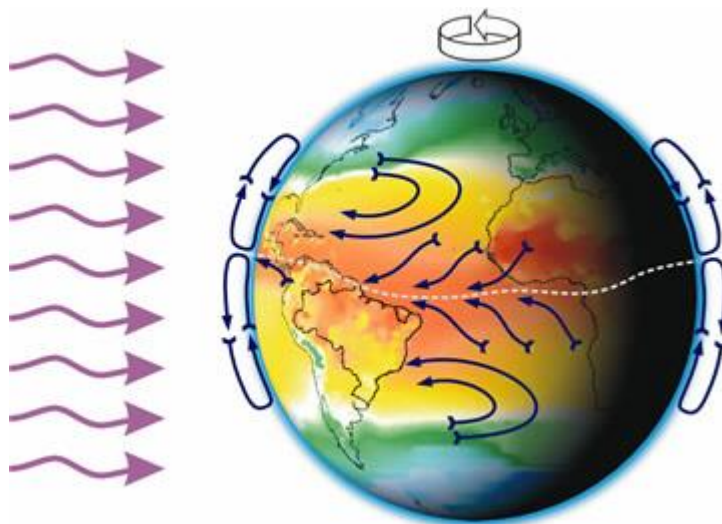
A energia eólica está intimamente ligada a radiação solar visto que o aquecimento irregular da superfície terrestre gera os ventos, sendo que aproximadamente 2% da energia solar absorvida pela Terra é convertida em energia cinética dos ventos (CRECESB, 2008).

O aquecimento não uniforme da atmosfera também é uma causa dos ventos. O aquecimento ocorre a maneira de como os raios solares incidem na Terra e também aos movimentos terrestres fazendo com que as regiões tropicais sejam mais aquecidas em comparação com as regiões polares. Com isso, o ar quente das regiões tropicais tende a subir, dando espaço para uma massa de ar mais frio proveniente das regiões polares; fazendo assim a formação dos ventos.

Em nosso planeta algumas regiões apresentam ventos constantes devido à presença dos mecanismos de aquecimento do equador e resfriamento dos pólos. Os ventos provenientes dessas regiões são denominados de ventos planetários ou constantes e possuem a seguinte classificação:

- Alísios: ventos que sopram dos trópicos para o Equador, em baixas altitudes.
- Contra-Alísios: ventos que sopram do Equador para os pólos, em altas altitudes.
- Ventos do Oeste: ventos que sopram dos trópicos para os pólos.
- Polares: ventos frios que sopram dos pólos para as zonas temperadas.

Figura 3 - Formação dos ventos x deslocamento das massas de ar



Fonte: Atlas Eólico do Brasil (1998)

2.1.1.3 Gradiente de pressão

O gradiente de pressão é uma quantidade física que descreve em que direção e a que taxa a pressão muda mais rapidamente em torno de um determinado local. O gradiente de pressão é uma quantidade dimensional expressa em unidades de pressão por unidade de distância (WIKIPEDIA, 2018).

2.1.1.4 Efeito de Coriolis

O Efeito Coriolis (figura 4) é a deflexão aparente no caminho do vento devido à rotação da Terra. Note que o Efeito Coriolis é apenas uma deflexão aparente; o caminho do vento não muda. A deflexão é vista na Terra porque os observadores na superfície da Terra estão girando com a Terra e não são capazes de observar o vento a partir de um ponto estacionário.

O efeito Coriolis é uma força importante a considerar para os padrões climáticos globais. O efeito Coriolis faz com que o vento pareça desviar para a direita no hemisfério norte e para a esquerda no hemisfério sul. Em distâncias curtas, o Efeito Coriolis provoca uma deflexão que é muito pequena para ser notada.

Figura 4 - Efeito Coriolis sob a Terra



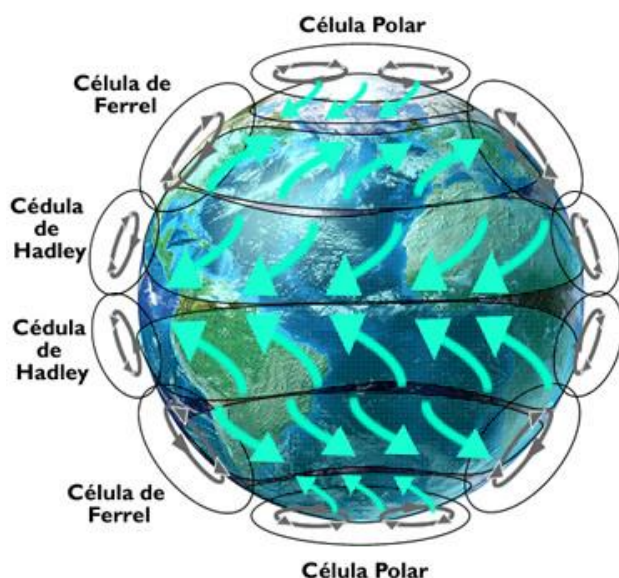
Fonte: Internet (2018)

2.1.1.5 Circulação atmosférica

É o processo de movimentação do ar ou das massas de ar, devido as diferenças de pressão e temperatura existentes na atmosfera terrestre. Basicamente isso ocorre devido ao ar mais frio (que é mais pesado e costuma descer) e ao ar quente (que é mais leve e costuma subir) movimentarem devido as suas características e assim acarretando a formação dos ventos. Esses movimentos também ocorrem das zonas atmosféricas de alta pressão para as de baixa pressão.

Considerando a incidência dos raios solares na superfície terrestre é possível perceber o processo de movimentação das massas de ar a nível global, resultando na formação de três células atmosféricas: a célula de Hadley, a célula de Ferrel e a célula Polar. Observe o esquema na figura 5:

Figura 5 - Esquemático das células atmosféricas



Fonte: Internet (2018)

2.1.1.6 Camada limite

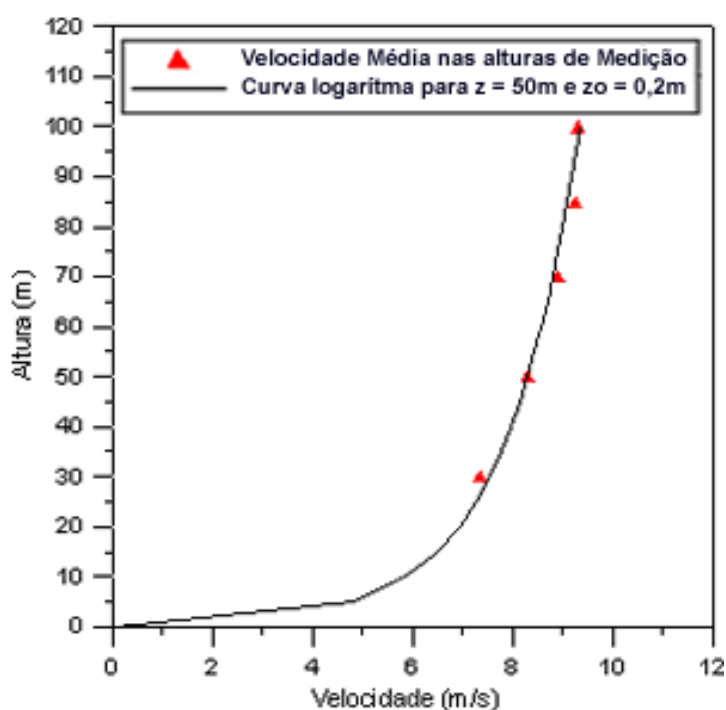
A retenção do vento se deve ao atrito dele em relação a superfície terrestre. As camadas mais baixas de ar retardam as que estão por cima, resultando assim numa variação da velocidade média do vento com relação à altura referente ao solo. Esta força de atrito diminui conforme a distância referente ao solo aumenta, chegando a ser nula em uma altura aproximada de 2000 metros. Esta camada na qual existe a variação da velocidade do vento com relação à altura é denominada camada limite; acima dela é denominada atmosfera livre (CASTRO, 2007).

2.1.1.7 Velocidade em função da altura

A velocidade de um fluido em movimento aumenta conforme esse se distancia da superfície na qual ele está presente. Em outras palavras, a velocidade

do vento aumenta de acordo com a altura em relação à superfície do terreno (figura 6), que também está intrinsecamente ligado a rugosidade do terreno. Em terrenos planos que apresentam baixa rugosidade (mares, campos, por exemplo), esta variação é muito menos expressiva do que em terrenos irregulares (alta rugosidade) como, por exemplo, florestas e áreas urbanas. Devido a isto, os aerogeradores são em sua grande maioria instalados em torres elevadas, onde as velocidades dos ventos são expressivamente maiores do que na superfície terrestre (CRESESB, 2018).

Figura 6 - Relação velocidade vento x altura



Fonte: CEPEL (2007)

2.1.1.8 Rugosidade do terreno

Em termos gerais a rugosidade do terreno está diretamente ligada ao estudo dos ventos. A velocidade com o qual o vento se propaga sofre influência através do relevo da superfície terrestre, só a partir dos mil metros de altura é que a superfície terrestre deixa de ter influência significativa sobre o vento. Nas camadas mais baixas a velocidade do vento é afetada pela fricção com a superfície terrestre. Em geral, quanto maior a rugosidade do terreno for, menor será a velocidade do vento na região.

De acordo com a rugosidade do terreno, existe um valor do comprimento de rugosidade (z_0) associado. Segundo o *European Wind Atlas*, publicado em 1989, alguns tipos de terrenos podem ser agrupados em classes de rugosidade conforme tabela 1:

Tabela 1 - Comprimentos de rugosidade

z_0	Características do Terreno	Classe de Rugosidade
1,00	cidade	3
0,80	Floresta	
0,50	Subúrbios	
0,40		
0,30	cinturões de arbores	
0,20	arbores e arbustos	2
0,10	fazenda com vegetação fechada	
0,05	fazenda com vegetação aberta	
0,03	fazenda com poucas árvores/edificações	1
0,02	área de aeroportos com edificações e árvores	
0,01	áreas de pistas de aeroporto	
0,008	pasto	
0,005	solo arado	
0,001	neve	
0,0003	areia	
0,0002		
0,0001	água (lagos, rios e oceanos)	0

Fonte: European Wind Atlas (1989)

2.1.1.9 Turbulência

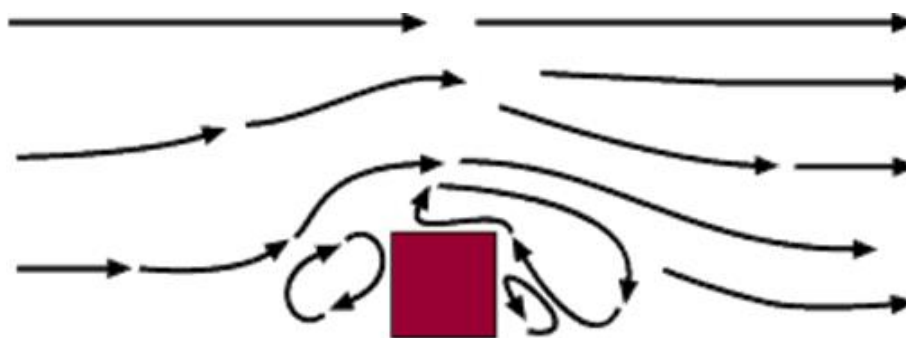
Para projetos de geração de energia pela fonte eólica, é fundamental o conhecimento da frequência e da amplitude de turbulências no local. Mudanças bruscas na velocidade do vento, são de maneira geral, acompanhadas por mudanças também bruscas na sua direção. Estes movimentos intensos definem o estado de agitação do ar (turbulência).

Valores elevados de turbulência aumentam as probabilidades de falha em um aerogerador, visto que os esforços sobre eles são maiores; não somente o fator de falha é levado em consideração, mas como também o fator de produção eólico fazendo com que os sistemas de segurança do aerogerador sejam acionados em situações de alta turbulência, fazendo com que a rotação das pás sejam reduzidas acarretando a desconexão do sistema elétrico do gerador à rede elétrica.

2.1.1.10 Influência de obstáculos

Um dos fatores que diminui de maneira expressiva a força e velocidade do vento são denominados obstáculos (alguns exemplos comuns de obstáculos seriam árvores, montanhas, edificações e etc.) que usualmente criam turbulência ao redor de si mesmos. A maior parte desta turbulência é gerada na região traseira do obstáculo, que pode se propagar por até três vezes a dimensão do objeto; tal fato leva a evitar grandes obstáculos perto das turbinas eólicas, e particularmente nas direções do vento dominante (TROEN, 1989).

Figura 7 - Exemplo de dispersão sob um obstáculo

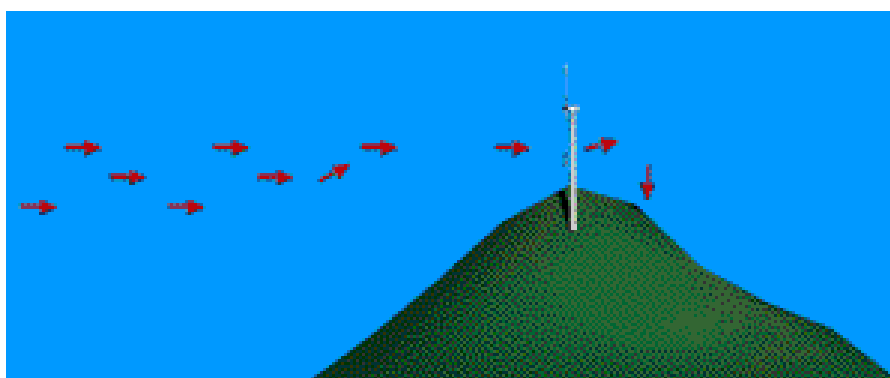


Fonte: WINDPOWER.ORG (1998)

2.1.1.11 Influência de cumes

A maneira mais comum de posicionar turbinas eólicas é colocá-las em colinas ou cumes com vista para a paisagem (figura 8). De maneira geral, é sempre uma vantagem ter uma vista tão larga quanto possível na direção predominante do vento na área. Nos cumes, pode-se também identificar que as velocidades do vento são mais elevadas do que nas áreas envolta.

Figura 8 - Comportamento do vento em cumes



Fonte: Associação da Indústria Eólica Dinamarquesa (2003)

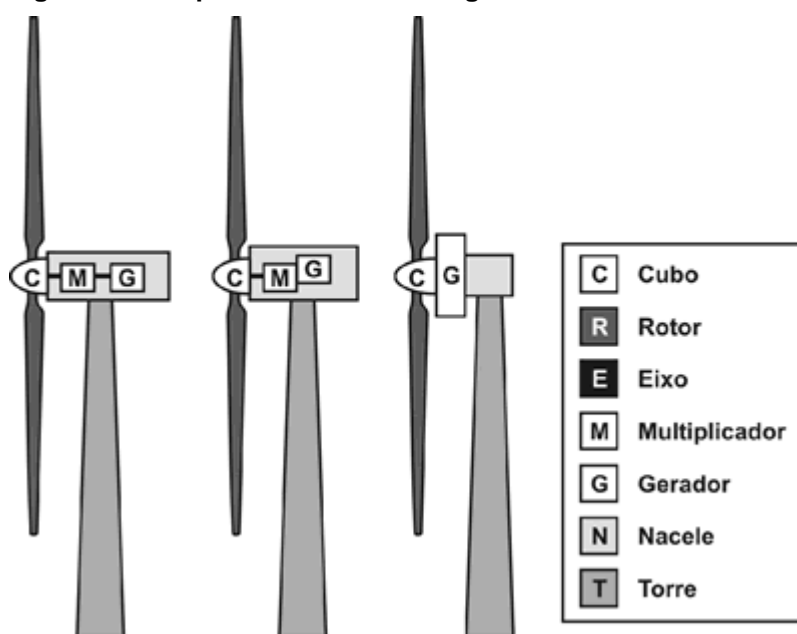
Nota-se que o vento na figura 8, começa a desviar algum tempo antes do cumes, porque a área de alta pressão se estende por alguma distância à frente do cumes. Além disso, observa-se que o vento se torna muito irregular, uma vez que passa através do rotor da turbina eólica. Se a colina é íngreme ou possui uma superfície irregular, pode-se obter quantidades significativas de turbulência, o que

pode influenciar negativamente a vantagem de velocidades de vento mais altas nos cumes (DWIA, 2003).

2.1.2 Componentes do Aerogerador

Os aerogeradores em sua grande maioria seguem três modelos básicos do modo como são apresentados os principais componentes dele. De uma maneira geral, o aerogerador é composto pela torre, nacele, rotor e pás. Na figura 9 tem-se a representação dos três modelos em um diagrama de blocos:

Figura 9 - Componentes de um aerogerador de eixo horizontal



Fonte: CRESESB (2018)

2.1.2.1 Torre de sustentação

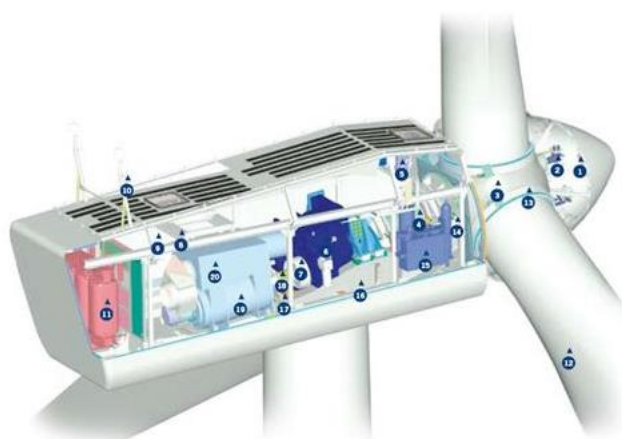
É o componente que suporta a nacele e o rotor na altura adequada para o funcionamento do aerogerador. A grande maioria das torres são fabricadas de aço, assim como eram originalmente projetadas, porém devido ao avanço das tecnologias construtivas e a necessidade de construir torres com alturas mais elevadas, outros tipos de materiais estão sendo usado para sua confecção como por exemplo concreto armado.

2.1.2.2 Nacele

A nacele é denominada como o compartimento na qual é instalada ao alto da torre onde estão localizados o gerador, caixa multiplicadora, sistema de yaw, chassis, sistema de controle eletrônico (medição do vento) e sistema hidráulico. Alguns fabricantes possuem modelos nos quais as naceles podem atingir cem toneladas.

Fabricantes diversos possuem tecnologias e conceitos diferentes para a construção e confecção da nacele assim como seus componentes internos. Na figura 10 e 11 tem-se dois exemplos de naceles com seus componentes principais instalados, na figura 10 utilizando um gerador convencional e na figura 11 utilizando um gerador multipolos.

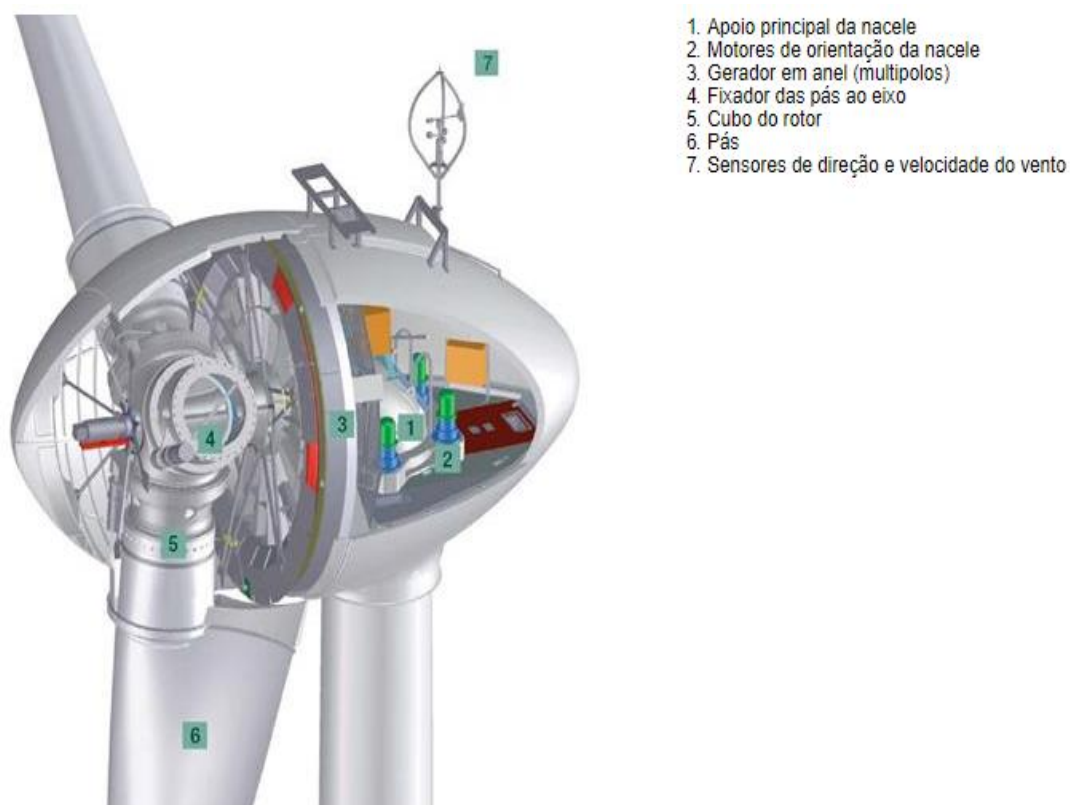
Figura 10 - Interior da nacele utilizando um gerador convencional



1. Controlador do Cubo
2. Controle pitch
3. Fixação das pás no cubo
4. Eixo principal
5. Aquecedor de óleo
6. Caixa multiplicadora
7. Sistema de freios
8. Plataforma de serviços
9. Controladores e Inversores
10. Sensores de direção e velocidade do vento
11. Transformador de alta tensão
12. Pás
13. Rolamento das pás
14. Sistema de trava do rotor
15. Sistema hidráulico
16. Plataforma da nacele
17. Motores de posicionamento da nacele
18. Luva de acoplamento
19. Gerador
20. Aquecimento de ar

Fonte: VESTAS (2006)

Figura 11 - Interior da nacele utilizando um gerador multipolos



Fonte: ENERCON (2006)

2.1.2.3 Gerador elétrico

É o componente responsável por converter a energia mecânica do eixo em energia elétrica. Este equipamento de conversão eletromecânica é algo já de domínio tecnológico à qual existem inúmeros fabricantes com diferentes alternativas para a realização do trabalho.

Entre os diferentes tipos de geradores incorporados ao sistema de conversão de energia eólica cita-se: geradores assíncronos, geradores síncronos, geradores de corrente contínua, geradores de comutador de corrente alternada.

2.1.2.4 Multiplicador

Também chamado por *Gearbox*, o multiplicador possui a função de transformar as rotações do eixo de baixa velocidade (20 a 30 rpm gerados pelas

pás) para o eixo de altas velocidades (1200 a 1800 rpm) da qual o gerador necessita para o seu funcionamento.

O multiplicador se é necessário nos aerogeradores do qual o gerador utilizado é do tipo síncrono; para aerogeradores com geradores multipolos este componente se faz desnecessário.

Figura 12 - Gerador conectado a caixa de engrenagens



Fonte: CRESEB (2018)

2.1.2.5 Cubo, rotor

É o elemento de fixação das pás que possibilita a transmissão do movimento de rotação das mesmas para o eixo de movimento lento. Nele é localizado o sistema hidráulico de movimento das pás. Este componente é construído em aço ou liga de alta resistência.

Figura 13 - Cubo do aerogerador



Fonte: Walter Tools (2018)

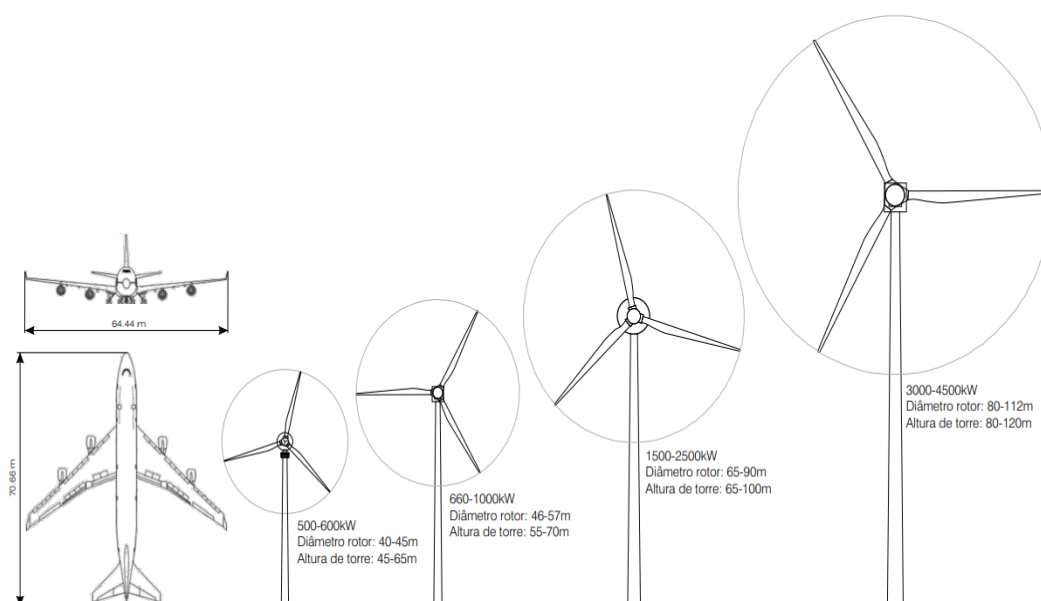
2.1.2.6 Pás do aerogerador

As pás captam a energia cinética do vento, convertendo-a em trabalho mecânico. O desenho das pás possui os mesmos conceitos e técnicas utilizadas na engenharia aeronáutica na construção de aviões. Sua fabricação é realizada com fibras de vidro e reforçadas com *epóxi*.

Elas possuem controles, no qual quando acionados, podem girar através de rolamentos em sua base e assim modificar o ângulo de ataque, reduzindo ou aumentando a absorção da energia cinética do vento.

São estruturas com algumas dezenas de metros, das quais as mais novas superam a envergadura de um avião de passageiros comercial.

Figura 14 - Evolução aerogeradores



Fonte: COPEL (2007)

2.1.3 Torres Anemométricas

A exploração do potencial eólico de uma região deve ser sempre precedida pela medição do recurso eólico. Por isso, todo o processo de medição deve ser conduzido de acordo com as melhores práticas e normas, garantindo a qualidade e confiabilidade dos resultados.

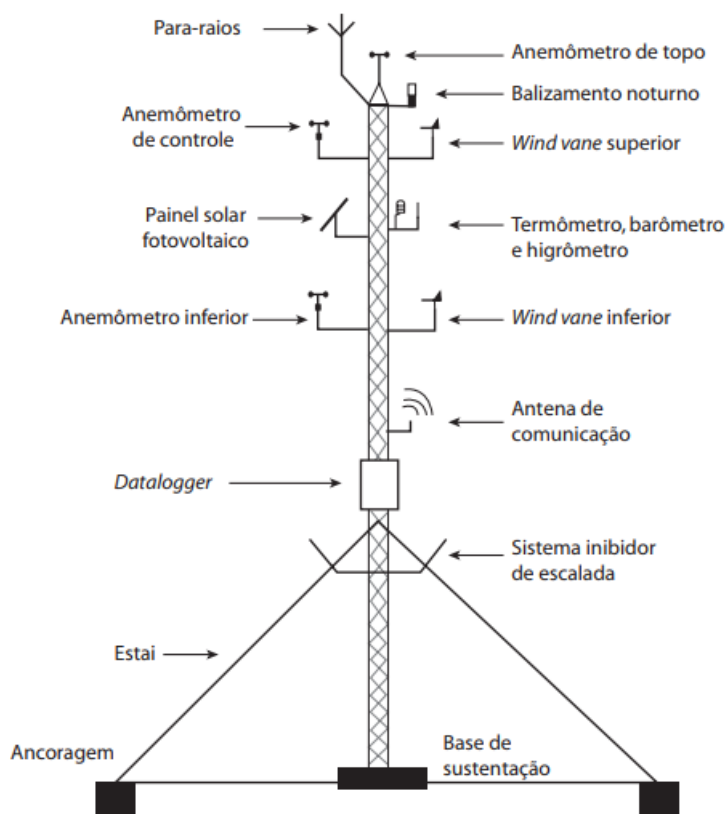
Erros nas medições de vento no local em avaliação podem comprometer todo o empreendimento eólico. O exemplo abaixo mostra como um erro na medição do vento impacta significativamente na produção de energia elétrica de uma turbina. Neste caso, uma única turbina de 600 kW foi usada como máquina geradora.

Medição correta: 6,08 m/s → Produção anual de 1.210 MWh

Medição com erro: 6,63 m/s → Produção anual de 1.462 MWh

O erro na medição de vento de 9%, superestimou a produção de energia pela turbina em 21%. Para a correta medição do potencial eólica de uma região, são utilizadas torres anemométricas que seguem padrões internacionais. Na figura 15 encontra-se um esquemático dos principais componentes das torres.

Figura 15 - Esquemático torre anemométrica



Fonte: EPE (2015)

Segundo o guia de instalação de estações anemométricas elaborado pela EPE – Empresa de Pesquisa Energética, uma torre de medição deve conter os seguintes componentes:

- Três (03) Anemômetros, que podem ser de copo ou sônico, cuja função básica é medir a velocidade e a direção do vento.
- Dois (02) Sensores de direção, que devem estar orientados como referência (indicação 0o), corretamente em direção ao Norte geográfico e são utilizados para identificação da direção do vento.
- Um (01) Higrômetro, cuja função é medir a umidade presente nos gases, mais especificamente na atmosfera. É utilizado principalmente em estudos do clima, mas também em locais fechados onde a presença de umidade excessiva ou abaixo do normal poderia causar danos.
- Um (01) Termômetro, utilizado para medição da temperatura.
- Um (01) Barômetro, para medir a pressão atmosférica.
- Um (01) Datalogger, que é utilizado para coleta e registro de dados de temperatura, umidade e pressão atmosférica das Torres Anemométricas.
- Um (01) Para-raios, para proteção contra descarga atmosférica.
- Um (01) Sistema de Balizamento Intermediário e um (01) Sistema de Balizamento Noturno, que servem para sinalização da torre.

Tais medias devem seguir as normas dos órgãos IEA – International Energy Agency, IEC – International Electrotechnical Commission e MEASNET. Outros requisitos básicos exigidos nas medições segundo a EPE são:

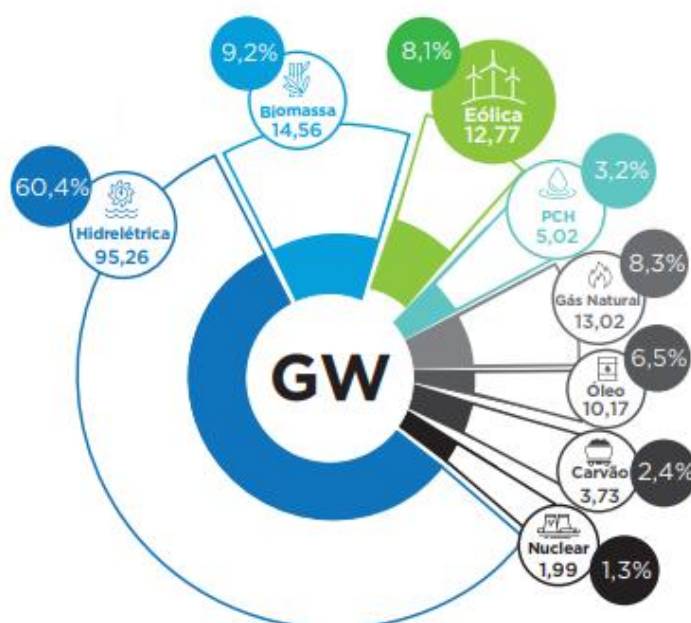
- Período mínimo de 36 meses para medição;
- Medição na mesma altura do aereo gerador;
- Possuir no mínimo dois anemômetros em alturas distintas;
- Dados integralizados a cada 10 minutos;
- Perdas dos dados não podem exceder 15 dias consecutivos;
- Disponibilidade da medição deve ser de no mínimo 90% para o caso de perdas não consecutivas.

2.1.4 Energia Eólica no Brasil e no Mundo

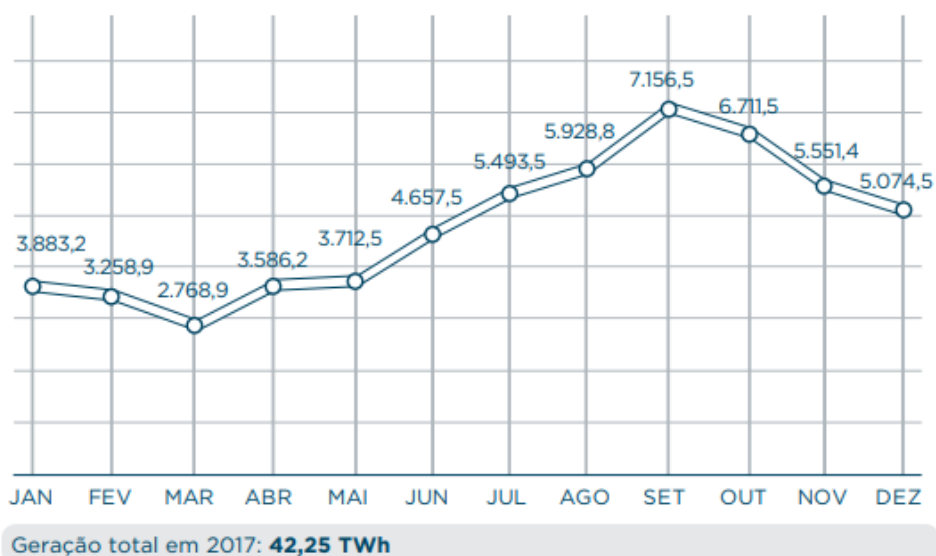
A energia eólica no território brasileiro está em franca expansão sendo que no ano de 2017 foram adicionados mais de 2 GW de energia eólica à matriz elétrica brasileira distribuídos em 79 parques geradores, sendo que ao final de 2017 era contabilizado um número total de 508 parques eólicos com capacidade total instalada de 12,77 GW, assim representando cerca de 8,1% da matriz elétrica brasileira conforme demonstrado na figura 16 (ANEEL, 2018).

A fonte eólica também é destacada como um refúgio devido aos últimos anos de secas no território brasileiro que consequentemente deixaram os reservatórios das hidrelétricas em níveis muito baixos. Segundo a CCEE – Câmara de Comercialização de Energia Elétrica, a produção em 2017 foi 26,5% superior à de 2016 e atingindo assim a histórica marca de dois dígitos de representatividade na matriz elétrica brasileira nos meses de Agosto e Setembro com 10% e 11% respectivamente.

Figura 16 - Matriz elétrica brasileira 2017 (GW)



Fonte: ANEEL / ABEEólica (2018)

Figura 17 - Geração da fonte eólica 2017 (MW médio)

Fonte: ANEEL / ABEEólica (2018)

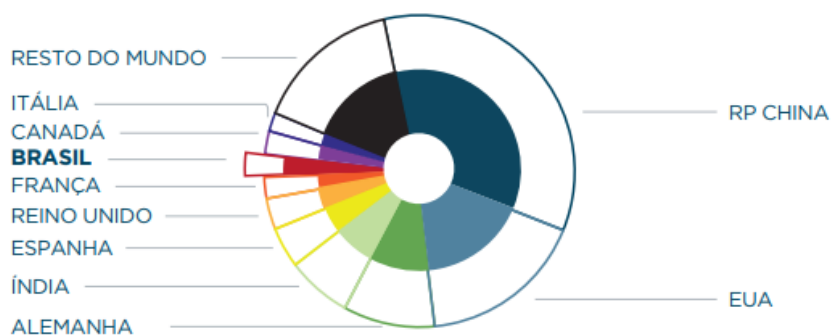
No Ano de 2017 o Brasil ficou posicionado em oitavo lugar no quesito de capacidade instalada, ultrapassando o Canadá e no quesito de capacidade nova instalada ocupou o 6º lugar através da instalação de 2 GW.

No mundo, segundo o relatório da GWEC – Global Wind Energy Council, o mercado mundial de energia eólica cresceu acima dos 50 GW em novas instalações no ano de 2017 com destaque para a Europa, Índia e instalações *offshore*.

A China, atual líder em novas instalações e capacidade total instalada, mesmo tendo aumentado em menor quantidade em comparação com o ano anterior de 2016, cresceu sua base eólica em 19,5 GW de novas instalações.

No total global, o ano de 2017 apresentou um crescimento de 52.573 MW, elevando o total global para 539.123 MW, um aumento de 11% se comparado ao ano de 2016. As figuras 18 e 19 ilustram o atual panorama brasileiro e mundial, na figura 18 a capacidade eólica acumulada em 2017 e na figura 19 a capacidade eólica nova em 2017.

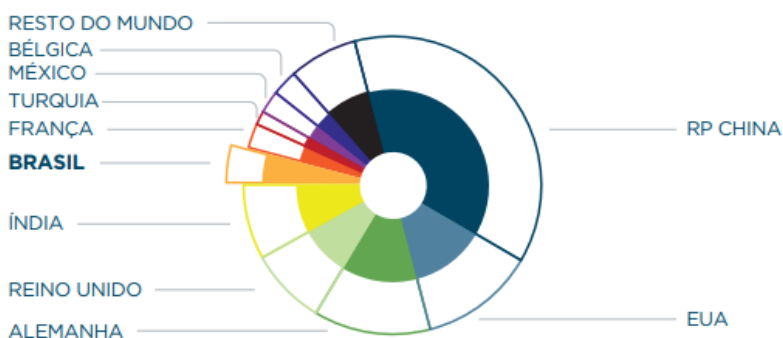
Figura 18 - Capacidade eólica acumulada 2017



	PAÍS	MW	%
1	RP CHINA	188.232	35
2	EUA	89.077	17
3	ALEMANHA	56.132	10
4	ÍNDIA	32.848	6
5	ESPANHA	23.170	4
6	REINO UNIDO	18.872	3
7	FRANÇA	13.759	3
8	BRASIL	12.763	2
9	CANADÁ	12.239	2
10	ITÁLIA	9.479	2
	RESTO DO MUNDO	83.008	15
	TOTAL TOP 10	456.572	85
	TOTAL	539.581	100

Fonte: GWEC (2018)

Figura 19 - Capacidade eólica nova 2017



	PAÍS	MW	%
1	RP CHINA	19.500	37
2	EUA	7.017	13
3	ALEMANHA	6.581	13
4	REINO UNIDO	4.270	8
5	ÍNDIA	4.148	8
6	BRASIL	2.022	4
7	FRANÇA	1.694	3
8	TURQUIA	766	1
9	MÉXICO	478	1
10	BÉLGICA	467	1
	RESTO DO MUNDO	5.630	11
	TOTAL TOP 10	46.943	89
	TOTAL	52.573	100

Fonte: GWEC (2018)

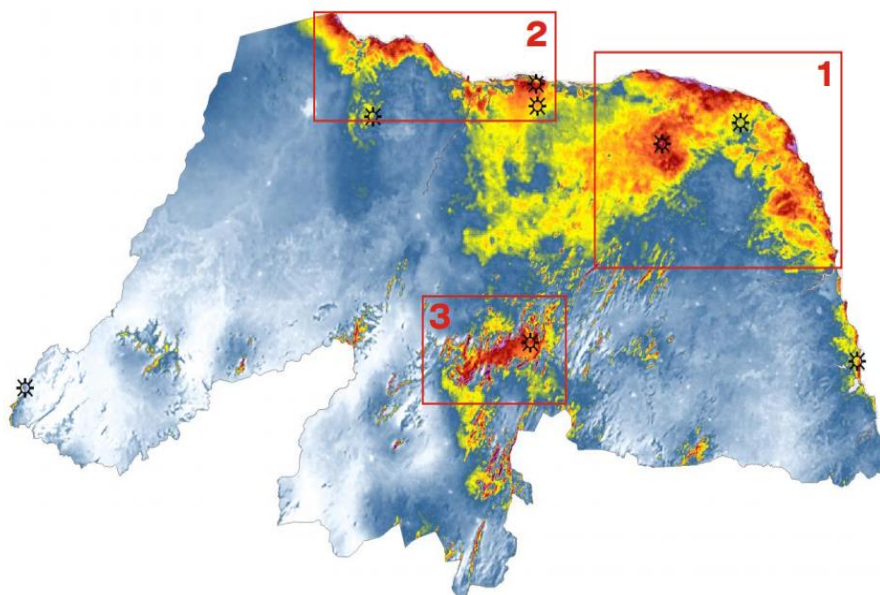
2.1.5 Potencial Eólico do Rio Grande do Norte

O aproveitamento da energia eólica requer extensões de área adequada, com velocidades médias anuais de vento que viabilizem a instalação de usinas. Como a produção de energia é bastante dependente das velocidades de vento, a avaliação da viabilidade técnica e econômica de empreendimentos eólicos requer uma predição confiável da energia gerada na usina (COPEL, 2007).

O Estado do Rio Grande do Norte está situado numa zona de predomínio dos ventos alísios, resultando em ventos com grande constância, e com acentuada ocorrência de direções sudeste e leste. Aos ventos alísios sobrepõem-se a influência sinótica do centro de alta pressão do Atlântico e os mecanismos de mesoescala, tais como as brisas marinhas, terrestres e lacustres, brisas montanha-vale e jatos noturnos.

Na figura 20 algumas áreas merecem destaque por serem as mais promissoras para empreendimentos eólicos: (1) Nordeste do Estado, (2) Litoral Norte-Noroeste, (3) Serras Centrais.

Figura 20 - Áreas mais promissoras para empreendimentos eólicos RN

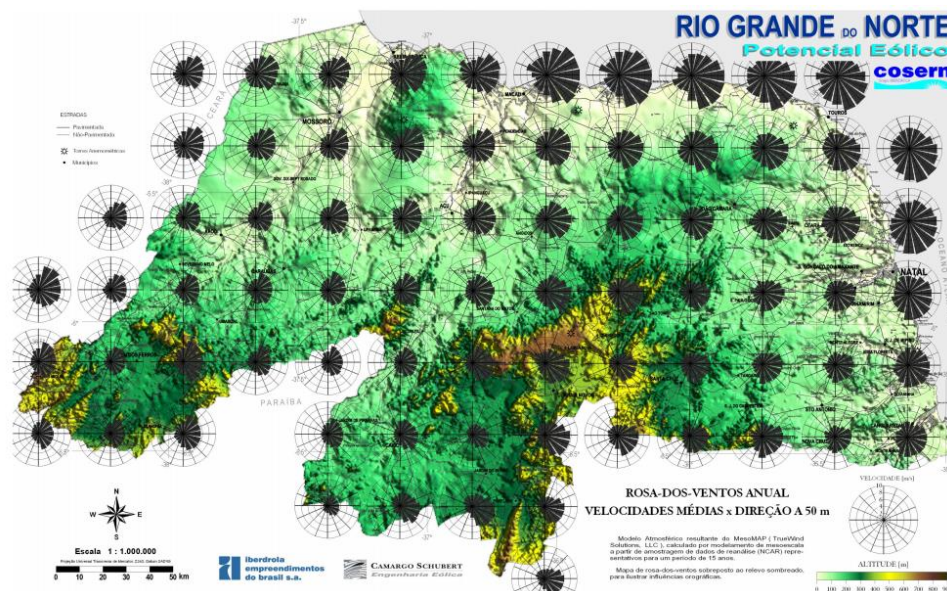


Fonte: COSERN (2003)

Pode-se também notar através do mapa apresentado na figura 21 a direção dos ventos no estado do Rio Grande do Norte; predominantemente a direção é de

leste para oeste nas Serras Centrais e região Norte-Noroeste, sudeste para noroeste na região Nordeste do Estado segundo a rosa dos ventos.

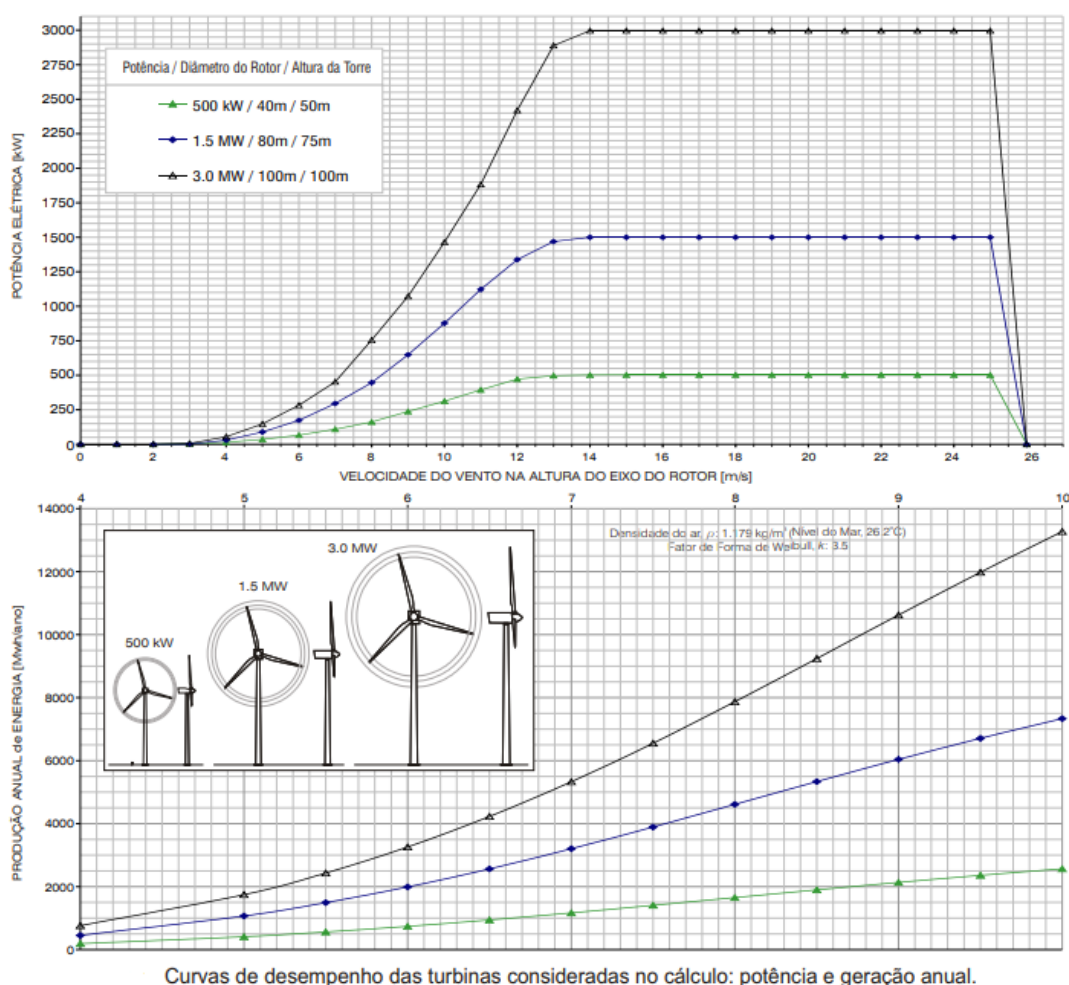
Figura 21 - Rosa dos ventos anual RN



Fonte: COSERN (2003)

Segundo estudos realizados pela COSERN - Companhia Energética do Rio Grande do Norte, o potencial eólico estimado para o estado levando em consideração 3 alturas diferentes para velocidades de vento calculadas (50m, 75m e 100m), 3 classes de aerogeradores (500 kW, 1,5 MW e 3,0 MW), 3 diâmetros de rotor (40m, 80m e 100m) e 3 alturas de torres (50m, 75m e 100m) pode ser visto nos diagramas da figura 22:

Figura 22 - Diagramas velocidade do vento e curvas de desempenho



Fonte: COSERN modificado (2003)

Os resultados da integração das curvas acima indicam um potencial instalável nas alturas de 50m, 75m e 100m de 9,6 GW, 19,4 GW e 27,1GW respectivamente. A título de comparação o Brasil possui uma potência instalada de aproximadamente 160 GW (Julho/2018).

2.1.6 Impactos dos Sistemas Eólicos

Os impactos negativos com relação a geração através da fonte eólica podem ser listados a seguir:

- Geração intermitente sendo que a geração está de acordo com a disponibilidade de vento na região do parque gerador;
- Impactos ambientais como por exemplo mortalidade de aves;
- Ruídos e vibrações sensíveis às populações próximas aos aerogeradores.

Entretanto também podem ser listados impactos positivos na geração eólica, tais como:

- Redução nas emissões de gases de efeito estufa;
- Utilização da mesma área para outros fins como por exemplo o agrícola;
- Socio ambientais às populações próximas;
- Utilização de uma fonte inesgotável (renovável);

3METODOLOGIA

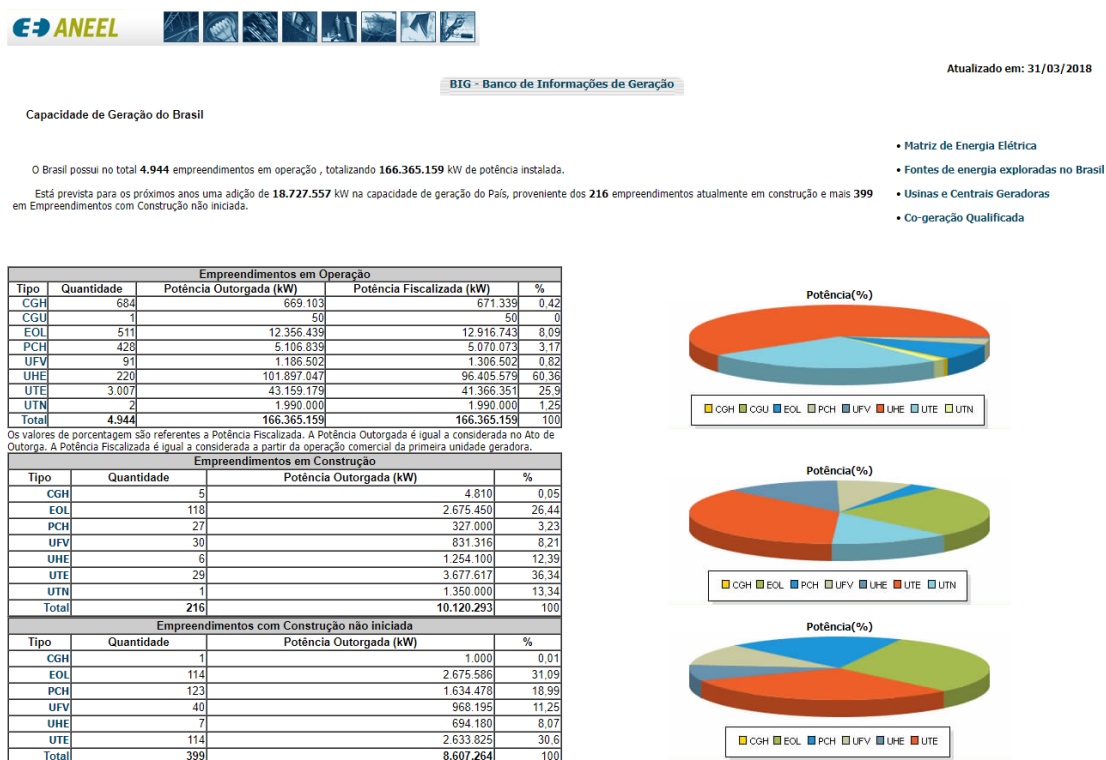
A metodologia empregada neste trabalho é composta de quatro principais passos, sendo eles: levantamento dos dados brutos, refinamento dos dados brutos, padronização dos dados e construção da plataforma para exposição dos dados. Cada etapa será explicada em detalhes a seguir.

3.1 LEVANTAMENTO DOS DADOS BRUTOS

O levantamento dos dados iniciais foi obtido através de dois bancos de dados ambos criados e gerenciados pela ANEEL:

- BIG – Banco de Informações de Geração: segundo a ANEEL a criação deste banco de dados serve para divulgar uma série de dados que a agência reúne sobre o parque gerador brasileiro. Essa publicação faz parte de um programa da ANEEL que visa universalizar e uniformizar as informações, dando conhecimento aos agentes do mercado, investidores estrangeiros e nacionais, autoridades governamentais, bem como a sociedade em geral, sobre a geração de energia elétrica no Brasil. Estão disponíveis informações sobre as usinas regularizadas em operação, construção e construção não iniciada, tanto hidrelétricas como termelétricas, eólicas, fotovoltaicas nucleares e outras fontes alternativas.

Figura 23 - Página inicial BIG



Fonte: ANEEL (2018)

- **SIGEL – Sistema de Informações Geográficas do Setor Elétrico:** o portal de geoprocessamento da ANEEL reúne os dados geográficos do setor elétrico que constam nas bases de dados da agência e tem como objetivo dar publicidade a essas informações conforme preconizam os princípios da administração pública. Órgãos públicos, investidores, estudantes, consumidores e o público em geral terão fácil acesso às informações sobre as áreas de geração, transmissão e distribuição de energia, podendo fazer uso desses dados para planejamento e monitoramento do setor, pesquisas acadêmicas ou apenas para conhecer o panorama do setor elétrico do país.

Figura 24 - Página inicial SIGEL

Fonte: ANEEL (2018)

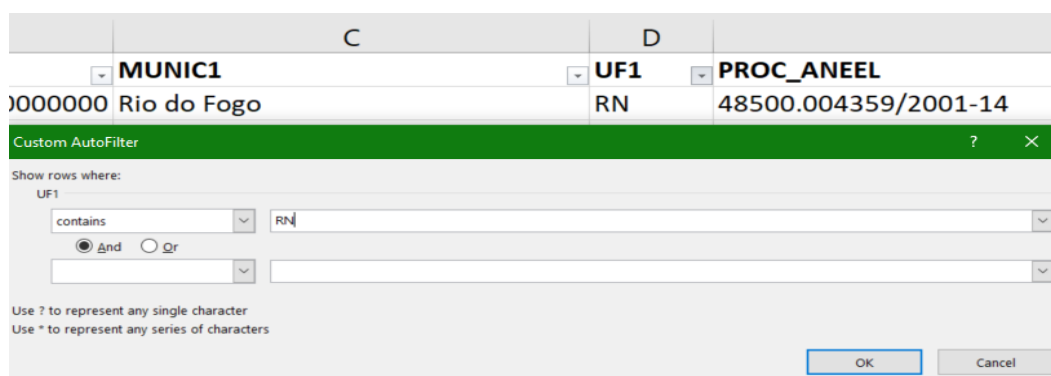
Através do BIG, foram identificadas 511 usinas eólicas no território brasileiro. As informações destas usinas foram exportadas para uma planilha na qual o refino dos dados será melhor trabalhado.

Através do sistema SIGEL, foi possível exportar dados de todas as usinas eólicas em arquivos *.dbf*, no qual são trabalháveis através de um editor de planilhas. Além disso, dados dos aerogeradores, componentes fundamentais em uma usina eólica, foram exportados da base de dados do SIGEL.

3.2 REFINAMENTO DOS DADOS BRUTOS

Utilizando o *software Microsoft Excel*, filtros de conteúdo de texto que identifiquem o estado do Rio Grande do Norte e filtros que identifiquem o ano de início de operação serão aplicados nos dados em todas as planilhas/bases obtidas anteriormente.

Figura 25 - Exemplo filtro Excel



Fonte: Autoria própria (2018)

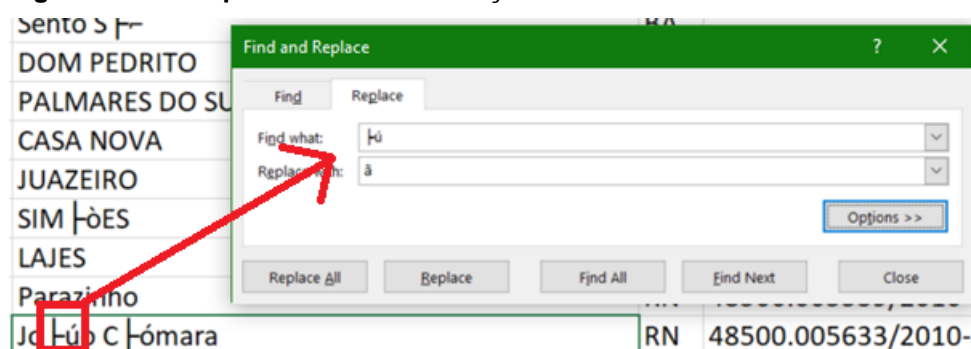
A aplicação sucessiva de filtros em todas as planilhas resulta na quantidade de 131 usinas eólicas em operação no estado do Rio Grande do Norte até a data de 31/12/2017.

3.3 PADRONIZAÇÃO DOS DADOS

Devido a diferentes codificações binárias utilizadas entre as bases de dados, é necessário a identificação de caracteres especiais que não são convertidos automaticamente pelo *software* de edição, dificultando a interpretação dos dados.

Sucessivas buscas e substituições de erros em caracteres não convertidos (figura 26) são realizadas até total exclusão destes erros.

Figura 26 - Exemplo busca e substituição de caracteres



Fonte: Autoria própria (2018)

As coordenadas geográficas presentes nos dados estão em outro padrão no qual não é aceito pela ferramenta que será utilizada para disponibilização dos dados, para isso uma tradução é necessária.

Através da ferramenta “Calculadora Geográfica” elaborada pelo INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, que pode ser acessada através do sítio <http://www.dpi.inpe.br/calcula/>, a transformação das coordenadas para um padrão aceito pela ferramenta *Google Maps* é possível.

Figura 27 - Exemplo uso Calculadora Geográfica

Calculadora Geográfica

Converte Coordenadas

Sua coordenada esta em:
GEOGRAFICA (Grau Minuto Segundo) ▾

Entre Longitude ou X
Oeste ▾ 35 23 12.139

Entre Latitude ou Y
Sul ▾ 5 18 34.922

Selecione o Datum de entrada
SIRGAS2000 ▾

Avançar

Use ponto (.) para separação decimal

Calcula distancia entre 2 pontos

Entre Longitude Inicial
Oeste ▾ [] [] []

Entre Latitude Inicial
Sul ▾ [] [] []

Entre Longitude Final
Oeste ▾ [] [] []

Entre Latitude Final
Sul ▾ [] [] []

Selecione o Datum
SAD 69 ▾

Calcular

Calcula Meridiano Central

Entre Longitude
Oeste ▾ [] [] []

Calcular

Coordenadas para testes. [aqui](#)
Problema, dúvida ou sugestão: proarco@dpi.inpe.br
Tutorial (produzido pela Unesp – Câmpus de Presidente Prudente) [aqui](#)

Selecione a Projecao de saida
UTM ▾

Selecione o Datum de saida
WGS84 ▾

Avançar

Resultado	
Datum Entrada	SIRGAS2000
Datum Saida	WGS84
Resultado da conversao:	Veja a região no Google Maps
--	--
Longitude em GMS	0 35 23 12.139
Longitude em GD	-35.3867052778
Coord X UTM em metros	235475.764549
--	--
Latitude em GMS	S 5 18 34.922
Latitude em GD	-5.30970055534
Coord Y UTM em metros	9412591.64322
Meridiano Central = -33 /// Fuso UTM = 25	

Fonte: Autoria própria (2018)

Devido ao número elevado de coordenadas a serem transformadas, uma transformação manual de todas elas através da interface disponibilizada pela ferramenta “Calculadora Geográfica” se faz inviável; foi necessário então a criação de um *script* utilizando a linguagem *Groovy*, no qual cada coordenada a ser transformada era coletada da planilha de dados existente, e através de uma requisição HTTP, era obtido o valor aceito pela ferramenta *Google Maps* e assim esse valor era salvo na planilha no seu local correspondente.

Após os passos já citados, temos enfim disponível a base de dados padronizada a qual será utilizada como fonte de informação para a alimentar a ferramenta de visualização a ser construída.

3.4 CONSTRUÇÃO DA PLATAFORMA

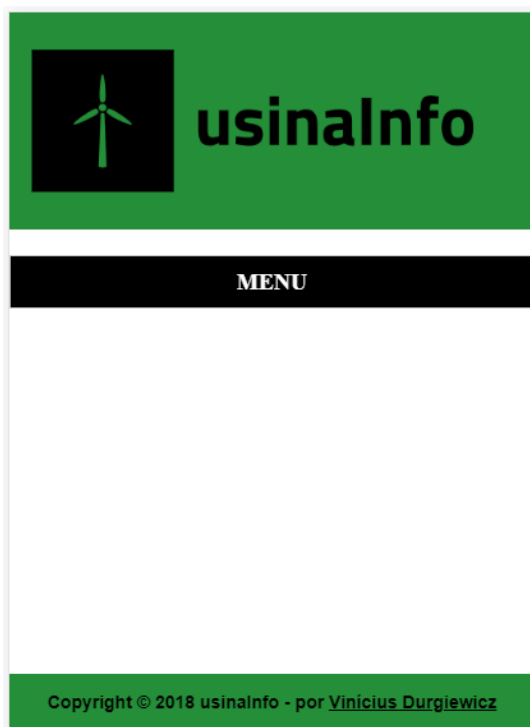
A principal premissa do trabalho consiste em disponibilizar os dados adquiridos e padronizados de uma maneira fácil e acessível a toda a população. Para tal, a construção de uma plataforma *online* que possa ser acessível em computadores e dispositivos móveis é escolhida. Tal plataforma recebe o nome de “usinaInfo”, uma plataforma na qual todas as informações sobre as usinas eólicas do Rio Grande do Norte serão disponibilizadas.

O ambiente de construção da plataforma escolhida foi a *engine* “Eclipse IDE” devido a maior familiaridade do ambiente de desenvolvimento e assim como a linguagem de programação escolhida (*Java*), por ser uma linguagem robusta, confiável e multiplataforma para programação de aplicações *web*.

3.4.1 Layout padrão

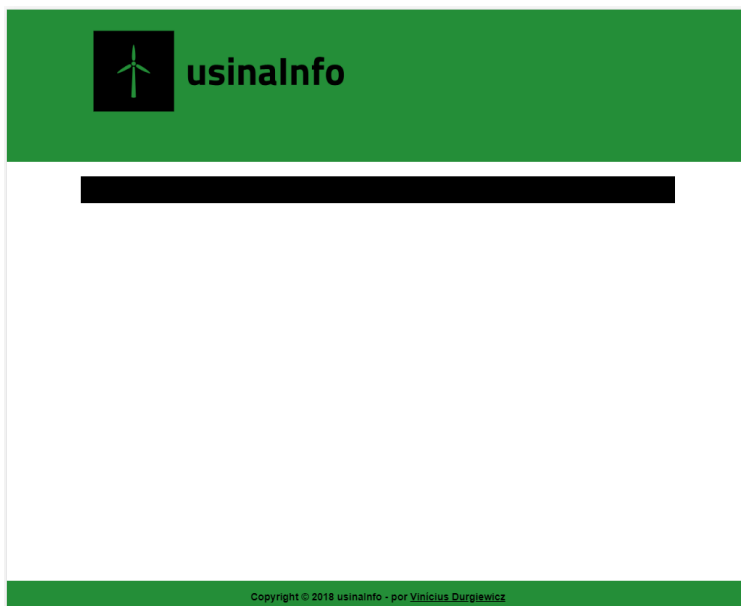
O primeiro passo se deu com a construção do layout da plataforma a qual seria utilizado como padrão para todas as telas da plataforma. Um *design* simples, leve e responsivo (termo utilizado para aplicações que se moldam ao tamanho da tela do dispositivo em uso) foi construído conforme figuras 28 e 29:

Figura 28 - Tela padrão da aplicação em um smartphone



Fonte: Autoria própria (2018)

Figura 29 - Tela padrão da aplicação em um computador



Fonte: Autoria própria (2018)

Com a tela padrão criada, foi possível dar continuidade ao trabalho criando as ferramentas que compõem a plataforma: mapa, detalhes, busca e comparador.

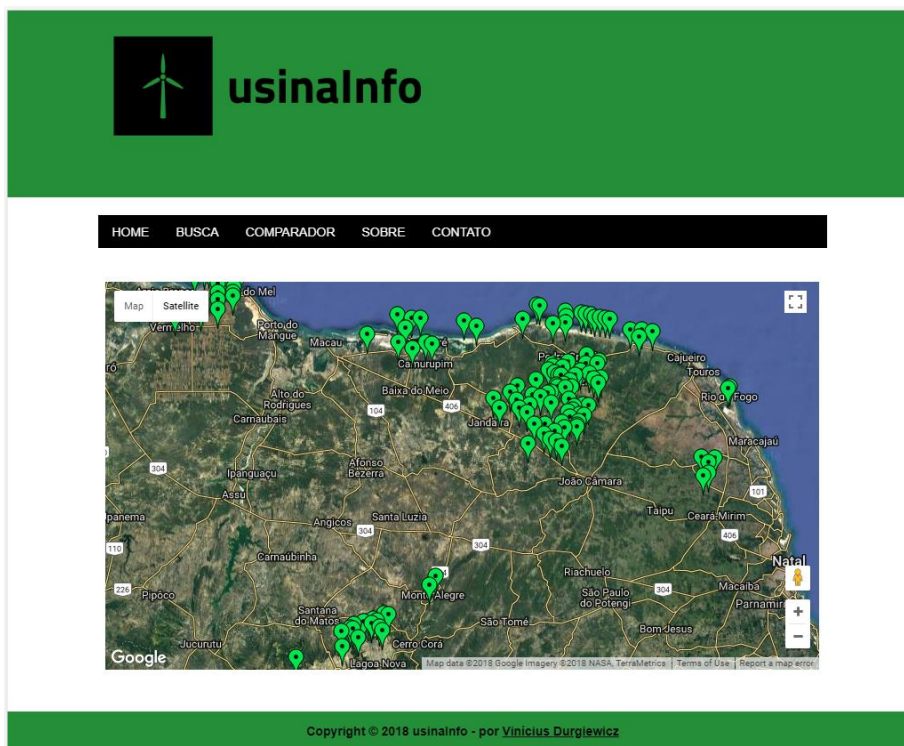
3.4.2 Mapa

O mapa foi construído utilizando a componente *web* fornecido pelo *Google Maps* na qual as coordenadas das usinas foram utilizadas para plotar os pontos no mapa (figura 30). Este componente possui embutido as ferramentas de *zoom*, vista de satélite e diferentes tipos de mapas a qual está acessível ao usuário conforme a preferência do mesmo.

A modo “Satélite” foi utilizado para este trabalho devido ser possível ver fotos reais dos parques eólicos em estudo assim dando uma maior interatividade ao usuário que irá visualizá-lo.

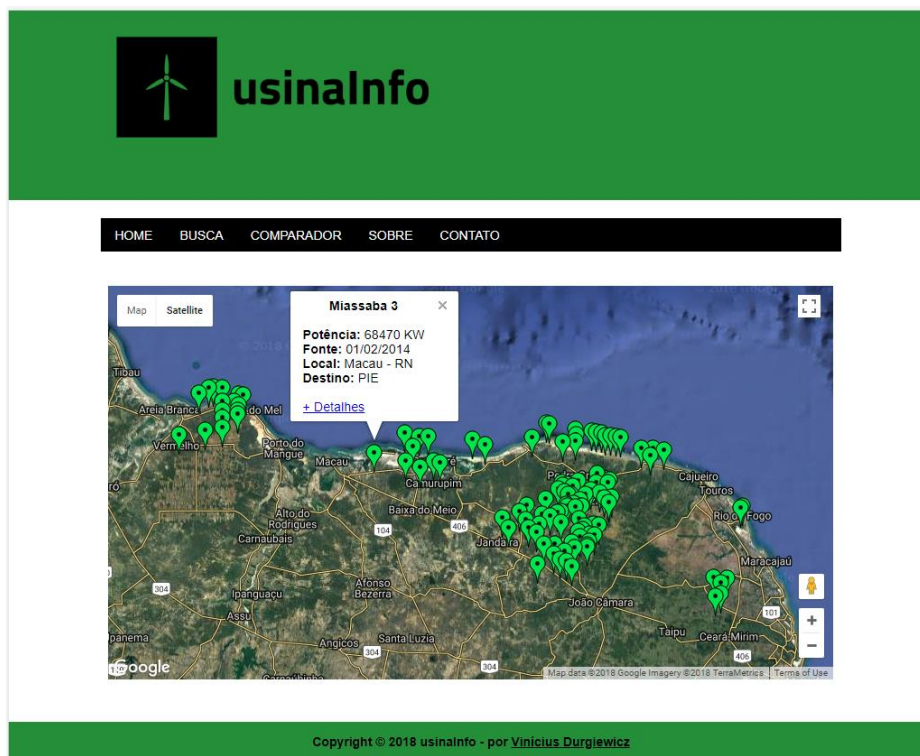
Utilizando as coordenadas das usinas eólicas, foram plotados no mapa todos os pontos referentes as usinas em questão e referenciados por um marcador no mapa na qual alguns detalhes podem ser visualizados ao serem selecionados.

Figura 30 - Mapa com localização das usinas



Fonte: Autoria própria (2018)

Figura 31 – Tela seleção usina



Fonte: Autoria própria (2018)

3.4.3 Detalhes

Uma tela de detalhes foi criada na qual os dados referentes a usina eólica podem ser visualizados. Os dados foram agrupados em quatro grupos dos quais são: Geral, Info Legal, Info Técnica, Aerogeradores.

- Geral: as informações de Estágio, Local, Proprietário e Início Operação são disponibilizadas neste grupo.

Figura 32 - Detalhes usina Geral

USINA - Miassaba 3			
Geral	Info Legal	Info Técnica	Aerogeradores
Estágio:	Operação		
Local:	Macau - RN		
Proprietário:	Brasventos Miassaba 3 Geradora de Energia S.A		
Início Operação:	01/02/2014		

Fonte: Autoria própria (2018)

- Info Legal: informações como CEG, Processo ANEEL, Ato Legal e Data DRO estão agrupados nesta aba.

Figura 33 - Detalhes usina Info Legal

USINA - Miassaba 3			
Geral	Info Legal	Info Técnica	Aerogeradores
CEG:	EOLCVRN030339-9		
Processo ANEEL:	48500.006474/2009-05		
Ato Legal:	DSP 1388/2014, REA 3509/2012, PRT 684/2011, DSP 4928/2011, PRT 740/2010		
Data DRO:	20/08/2010		

Fonte: Autoria própria (2018)

- Info Técnica: informações de Potência Total, Potência Fiscalizada, Destino, Qnt. Aerogeradores e Área são disponibilizadas neste grupo.

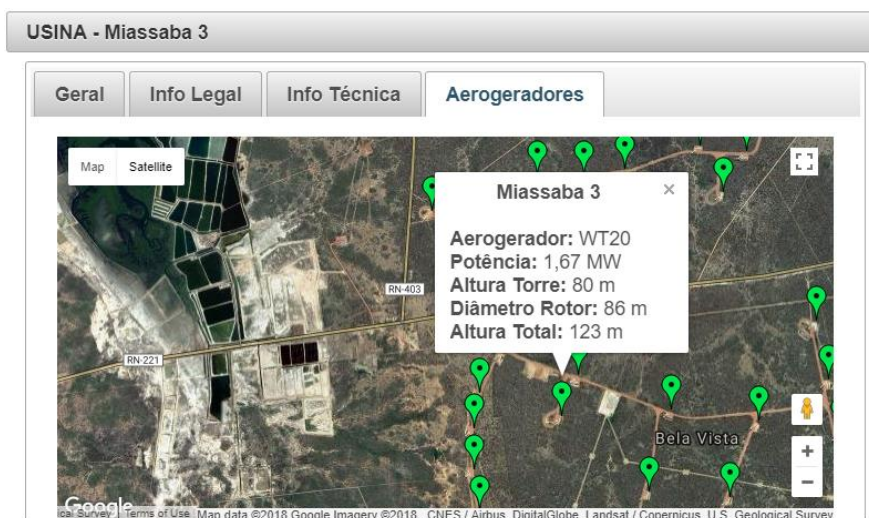
Figura 34 - Detalhes usina Info Técnica

USINA - Miassaba 3			
Geral	Info Legal	Info Técnica	Aerogeradores
Potência Total:	68470 KW		
Potência Fiscalizada:	68470 KW		
Destino:	PIE		
Qnt. Aerogeradores:	41		
Área:	13399664,85 m ²		

Fonte: Autoria própria (2018)

- Aerogeradores: um mapa com todos os aerogeradores pertencentes a esta usina são plotados e informações sobre os mesmos (identificação, potência, altura da torre, diâmetro do rotor e altura total) são visualizadas ao selecionar um dos pontos no mapa.

Figura 35 - Detalhes usina Aerogeradores



Fonte: Autoria própria (2018)

3.4.4 Busca

Um mecanismo de busca foi criado para que o usuário realize a sua pesquisa de maneira mais eficiente (figura 36). A busca pode ser realizada através do nome da usina, o município a qual ela pertence ou até mesmo pela potência.

Os resultados da busca são acompanhados de um atalho que direciona o usuário para a tela de detalhes já explicada anteriormente.

Figura 36 - Tela busca usina

	Nome Usina	Município	Potência (KW)
	Alegria I	Guamaré	51000
	Alegria II	Guamaré	100650
	Aratuá I	Guamaré	14400
	Areia Branca	Areia Branca	27300
	Arizona 1	Rio do Fogo	28000
	Aroeira	Jandaíra	32900
	Asa Branca I	Touros e São Miguel do Gostoso	27000
	Asa Branca II	Parazinho	27000
	Asa Branca III	Parazinho e Touros	27000

Fonte: Autoria própria (2018)

3.4.5 Comparador

A ferramenta de comparação (figura 37) foi adicionada para que seja selecionado até quatro usinas e todos os detalhes delas possam ser comparados lado a lado. Da mesma maneira um atalho para que o usuário seja redirecionado para a tela de detalhes foi adicionado.

Figura 37 - Tela comparador usina

HOME BUSCA COMPARADOR SOBRE CONTATO

Usina 1 Usina 2 Usina 3 Usina 4

Selecione Seleccione Seleccione Seleccione

✓ Comparar

Copyright © 2018 usinaInfo - por Vinicius Durgiewicz

Fonte: Autoria própria (2018)

3.5 HOSPEDAGEM E ACESSO

Com a plataforma totalmente desenvolvida e testada em ambiente local de desenvolvimento, é necessário a hospedagem da plataforma em um provedor de serviço de confiança para que os dados não sejam perdidos e que possua estabilidade de acesso.

A plataforma “usinaInfo” pode ser acessada através do endereço <http://www.usinainfo.tk> de qualquer computador ou dispositivo móvel que possua uma conexão a *Internet*.

4 CONCLUSÃO

Este trabalho buscou levantar informações de forma padronizada a respeito de usinas eólicas localizadas no estado do Rio Grande do Norte cuja data de início de operação seja até 31/12/2017, e após a obtenção e padronização dos dados, uma maneira de acesso fácil e intuitiva foi criada.

A importância da criação desta plataforma que traz as principais informações das usinas eólicas do estado do Rio Grande do Norte se justifica na divulgação da informação de maneira transparente e de fácil acesso a toda população. A informação referente a esse trabalho é de domínio público, porém a sua obtenção está hoje dificultada, por motivos de não divulgação pelos órgãos competentes e dados dispersos em várias plataformas.

A escolha do formato de uma página web para divulgação dos dados obtidos foi feita pelo fato da ampla difusão do uso de dispositivos móveis que possuem acesso à Internet, desta maneira as informações estariam disponíveis a qualquer momento e em qualquer lugar que tenha acesso à Internet.

A utilização da linguagem de programação Java se fez de forma adequada pelo fato da facilidade na integração das várias camadas que estão na criação da plataforma, desde a manipulação do banco de dados até a maneira de expor os dados.

Com relação aos dados obtidos podemos comprovar através da observação do mapa geral que existe uma concentração de usinas eólicas nas três principais áreas mais promissoras para empreendimentos eólicos do estado do Rio Grande do Norte: Nordeste do Estado, Litoral Norte-Noroeste e Serras Centrais.

4.1 SUGESTÕES DE MELHORIAS E TRABALHOS FUTUROS

Como a plataforma foi estruturada de maneira a comportar uma grande quantidade de volume de dados que não afetem o seu desempenho, é sugerido em trabalhos futuros a adição das usinas de outros estados brasileiros, cobrindo assim todas as usinas eólicas do território brasileiro e formando uma base nacional com as informações.

Implementações e ajustes na plataforma são viáveis para que seja também adicionado outros tipos de usinas como hidrelétricas, fotovoltaicas, biomassa e etc.

Com isso uma única plataforma com os ativos do setor energético brasileiro poderia ser criada e disponibilizada a toda população, deixando de maneira mais transparente a situação atual do sistema energético brasileiro.

REFERÊNCIAS

ABEEÓLICA - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA. **Boletim Anual de Geração Eólica 2017**. – Disponível em: <<http://abeeolica.org.br/wp-content/uploads/2018/04/Boletim-Anual-de-Geracao-2017.pdf>>. Acesso em: 05 abr. 2018.

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>>. Acesso em: 20 jan. 2018.

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – Disponível em: <[http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-Energia_Solar\(3\).pdf](http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-Energia_Solar(3).pdf)>. Acesso em: 20 jan. 2018.

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – **BIG - Banco De Informações De Geração**. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>>. Acesso em: 31 mar. 2018.

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Informações Gerenciais Dezembro 2017**. – Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/documents/656877/14854008/Boletim+de+Informa%C3%A7%C3%B5es+Gerenciais+++4%C2%BA+trimestre+2017/44ee3035-27e5-0398-e7e3-c612ec4dc994?version=1.2>>. Acesso em: 20 jan. 2018.

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – **SIGEL – Sistema de Informações Geográficas do Setor Elétrico**. Disponível em: <<http://sigel.aneel.gov.br/portal/home/>>. Acesso em: 31 mar. 2018.

CASTRO, R. M. G. **Energias Renováveis e Produção Descentralizada - Introdução À Energia Eólica**. 3. ed. Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa, 2007.

COPEL – COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA. **Atlas Do Potencial Eólico Do Estado Do Paraná**. – Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/atlas_eolico/Atlas_do_Potencial_Eolico_do_Estado_do_Parana.pdf>. Acesso em: 11 jun. 2018.

CCEE – CÂMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. **InfoMercado Mensal: Geração Eólica Cresce 26,5% Em 2017**. – Disponível em: <https://www.ccee.org.br/portal/faces/pages_publico/noticias-opiniao/noticias/noticialeitura?contentid=CCEE_614032&_afrLoop=271759323454638&_adf.ctrl-state=swyxqhdb3_1#!%40%40%3Fcontentid%3DCCEE_614032%26_afrLoop%3D271759323454638%26_adf.ctrl-state%3Dswyxqhdb3_5>. Acesso em: 27 mar. 2018.

CRESESB – CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA SÉRGIO DE SALVO BRITO. **Atlas Do Potencial Eólico do Estado Do Rio Grande Do Norte**. – Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/atlas_eolico/atlas_eolico_RN.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2018.

DWIA – DANISH WIND INDUSTRY ASSOCIATION. **Speed Up Effects: Hill Effect.** – Disponível em: <<http://xn--drmstrre-64ad.dk/wp-content/wind/miller/windpower%20web/en/tour/wres/hill.htm>>. Acesso em: 20 jan. 2018.

EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **1º Leilão De Energia De Reserva 2016.** – Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-74/1LER2016a.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2018.

EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **2º Leilão De Energia De Reserva 2016.** – Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-78/2%C2%BA%20LER%202016%20-%20Cadastrados.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2018.

EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Instalação de Estações Anemométricas Boas Práticas.** – Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-236/Guia%20Boas%20Pr%C3%A1ticas%20Esta%C3%A7%C3%B5es%20Anemom%C3%A9tricas.pdf>>. Acesso em: 09 ago. 2018.

EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Plano Decenal de Expansão De Energia 2026.** – Disponível em: <<http://epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-40/PDE2026.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2018.

GWEC – GLOBAL WIND ENERGY COUNCIL. **Annual Market Update 2017 – Global Wind Report.** – Disponível em: <<http://r20.rs6.net/tn.jsp?t=eyq5m97ab.0.0.bglpogdab.0&id=preview&r=3&p=http%3A%2F%2Ffiles.gwec.net%2Ffiles%2FGWR2017.pdf%3Fref%3DPR>>. Acesso em: 05 abr. 2018.

GOVERNO DO RIO GRANDE DO NORTE. **Plano De Energia Elétrica Do RN** – Disponível em: <<http://www.rnsustentavel.rn.gov.br/smiv3/site/conteudos/midias/8e5d063981807977b85dbc9fd8646741.pdf>>. Acesso em: 11 jun. 2018.

LUTGENS, F.K.; TARBUCK, E. J. **The Atmosphere: An Introduction to Meteorology.** 6. ed. New Jersey: Prentice Hall, Inc., 1995.

TROEN, I.; PETERSEN, E.L. **European Wind Atlas.** 1. ed. Roskilde: Risø National Laboratory, 1989.

WIKIPEDIA. **Gradiente De Pressão.** – Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Gradiente_de_press%C3%A3o> Acesso em: 27 mar. 2018.