



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

MATHEUS MACHADO DA CÂMARA

**ASPECTOS DA IMPLEMENTAÇÃO E PANORAMA ATUAL DOS PARQUES
EÓLICOS NO ESTADO DA PARAÍBA**

**JOÃO PESSOA
2016**

C629a Câmara, Matheus Machado da
Aspectos da Implementação e Panorama atual dos Parques
Eólicos no estado da Paraíba. /Matheus Machado da Câmara./
- João Pessoa, 2016.

61f. il.:

Orientador: Prof. Dr. Hidelbrando José Farkat Diógenes.

Monografia (Curso de Graduação em Engenharia Civil)
CGEC./ Centro de Tecnologia / Campus I / Universidade
Federal da Paraíba.

1. Energia renovável. 2. Energia eólica. 3. Vento
4. Parque eólico. I. Título.

BS/CT/UFPB

CDU: 2.ed. 620.91 (043)

MATHEUS MACHADO DA CÂMARA

**ASPECTOS DA IMPLEMENTAÇÃO E PANORAMA ATUAL DOS PARQUES
EÓLICOS NO ESTADO DA PARAÍBA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada à
Universidade Federal da Paraíba, como um projeto
final do curso de Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Hidelbrando José Farkat
Diógenes.

JOÃO PESSOA
2016

MATHEUS MACHADO DA CÂMARA

**ASPECTOS DA IMPLEMENTAÇÃO E PANORAMA ATUAL DOS PARQUES
EÓLICOS NO ESTADO DA PARAÍBA**

Monografia apresentada pelo aluno Matheus Machado da Câmara, do Curso de Engenharia Civil - UFPB, tendo atingido o título de _____, de acordo com a aprovação desta Banca Examinadora, a qual é composta pelos seguintes professores:

Aprovado em: _____ de _____ de _____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Orientador: Dr. Hidelbrando José Farkat Diógenes – DECA - UFPB

Prof. Dr. Clovis Dias

Prof. Dr. Claudino Lins Nóbrega Junior

AGRADECIMENTOS

A elaboração deste trabalho tornou-se possível devido a ajuda de algumas pessoas que foram fundamentais durante todo o período do curso de Engenharia Civil.

A essas pessoas expresso meus sinceros agradecimentos e com certeza de que em breve retribuirei o apoio que me foi dado.

Primeiramente agradeço a Deus, que nunca desistiu de mim, mesmo nos momentos de fraquezas e quase sem fé, me abençoando com mais essa conquista.

Agradeço também ao meu pai, José Teixeira Câmara e, principalmente minha mãe, Elenice Lira M. Câmara, que foram a base de tudo, sempre me apoiando emocionalmente nessa difícil jornada, dando todo o suporte necessário para a conclusão desta etapa em minha vida.

A minha irmã, Nathalia Câmara, que sempre esteve disposta a ajudar da forma que pudesse.

À minha avó, Maria Rita Machado, que com suas orações e torcida me impulsiona cada vez mais a enfrentar os desafios da vida.

A todos os tios, tias e primos e primas que fizeram parte da minha formação e contribuíram de alguma forma em minha vida.

A todos os meus amigos e amigas, que são parte importante da minha vida, me ajudando a passar por momentos difíceis e colecionando boas recordações.

Aos meus colegas de curso, que vieram a se tornar grandes amigos, tornando amigos fiéis durante nossa longa e cansativa caminhada na universidade, foi com eles que compartilhei noites em claro estudando, realizando trabalhos, alegrias e tristezas, euforia e frustrações.

Ao professor Hidelbrando Diógenes, meu orientador, que apesar do pouco tempo que conheci, já se tornou um grande amigo, me recebendo com muita atenção e contribuindo de forma intensiva para a conclusão deste trabalho.

A todos os mestres e professores que se empenham para fazer deste, o melhor curso de Engenharia Civil da Paraíba.

RESUMO

Vivemos em um mundo em que as questões ligadas ao meio ambiente e a preservação da vida na Terra estão se tornando cada vez mais prioritárias. A busca pela diminuição dos problemas ecológicos provenientes de fontes de energia abre espaço para as fontes de energias renováveis, ou seja, energias limpas, aquelas em que seu processo de produção e de consumo não gera impactos ao meio ambiente. Entre as energias limpas, a energia eólica, energia proveniente dos ventos, vem atraindo cada vez mais investidores, e o Brasil, por ser um país de alto potencial eólico, vem se reafirmando como um dos países que mais recebeu esses investimentos. O Nordeste é a região brasileira de maior capacidade eólica, o que contribui para o grande número de parques eólicos instalados e conseqüentemente para o desenvolvimento da região nesse setor. Entre os estados em destaque encontra-se o Rio Grande do Norte, Ceará e Pernambuco. Embora a Paraíba esteja central em relação a esses Estados, ainda sofre com a falta de interesse por parte dos investidores do setor eólico. Dentro desses aspectos, a proposta do trabalho visa, expor as etapas de construção de um parque eólico, retratar os desafios enfrentados pelo investidores e pelo próprio governo no estado da Paraíba para implantação de parques eólicos.

Palavras-chave: Energia Renovável, Energia Eólica, Vento, Parque Eólico.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. Parque eólico Osório no Brasil (<i>Onshore</i>).....	17
FIGURA 2. Parque Eólico London Array do Reino Unido (<i>Offshore</i>).....	18
FIGURA 3. Variação da velocidade do vento com a altura.....	20
FIGURA 4. Torre Meteorológica.....	21
FIGURA 5. Anemômetro de concha de Robinson.....	22
FIGURA 6. Sensor de direção.....	22
FIGURA 7. Plataforma de montagem.....	29
FIGURA 8. Exemplo de sequência de execução de fundação e base do Aerogerador.....	31
FIGURA 9. Colocação de cabos de Média Tensão em vala.....	32
FIGURA 10. Edifício de Comando.....	33
FIGURA 11. Subestação.....	33
FIGURA 12. Turbina eólica de eixo vertical e de eixo horizontal.....	34
FIGURA 13. Representação de um aerogerador.....	35
FIGURA 14. Detalhe de um pátio com pás e de um cubo.....	36
FIGURA 15. Representação de um gerador convencional.....	36
FIGURA 16. Torre eólica treliçada.....	37
FIGURA 17. Montagem mecânica da Torre e das Pás.....	38
FIGURA 18. Preços Médios (R\$/MWh) x Contratações (MW).....	39
FIGURA 19. Atlas eólico brasileiro (1998)	41
FIGURA 20. Capacidade Eólica Instalada (2015)	41
FIGURA 21. Regiões com Potencial Eólico na Paraíba.....	43
FIGURA 22. Posicionamento das Geradoras de Energia Eólica.....	44
FIGURA 23. Parque Eólico Millenium, situado na cidade de Mataraca-PB.....	45

FIGURA 24. Parque Eólico Vale dos Ventos, situado na cidade de Mataraca-PB.....	46
FIGURA 25. Parque Eólico Alhandra.....	47
FIGURA 26. Emissões de CO ₂ evitadas (Toneladas).....	49

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1. Produção de energia eólica.....	42
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

EWEA	The European Wind Energy Association (inglês)
WWEA	Associação Mundial de Energia Eólica (português)
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
CELPE	Companhia Energética de Pernambuco
PROINFA	Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica
GWEC	Global Wind Energy Council
WAsP	Wind Atlas Analysis and Application Program (inglês)
SPT	Standard Penetration Test (inglês)
CPT	Cone Penetration Test (inglês)
EIA	Estudo Prévio de Impacto Ambiental
RIMA	Relatório de Impacto Ambiental
PCHs	Pequenas centrais hidrelétricas
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CCEE	Câmara de Comercialização de Energia Elétrica
UFCG	Universidade Federal de Campina Grande
UFPB	Universidade Federal da Paraíba
CEDOBRAS	Cedin do Brasil
CEAR	Centro de Energia e Alternativas e Renováveis
CHESF	Companhia Hidro Elétrica do São Francisco
ABEEOLICA	Associação Brasileira de Energia Eólica
CCIR	Certificado de Cadastro do Imóvel Rural

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 OBJETIVOS	15
1.2 METODOLOGIA.....	15
1.3 JUSTIFICATIVA	16
2 CARACTERIZAÇÃO DE PARQUES EÓLICOS	17
2.1 ESCOLHA DO LOCAL	18
2.2 POTENCIAL EÓLICO E ESTUDO DOS VENTOS.....	19
2.3 ESTUDO GEOLÓGICO E GEOTÉCNICO.....	23
2.4 CONDICIONANTES	25
2.4.1 Estudo do impacto ambiental	25
2.4.2 Efeito da sombra	26
2.4.3 Poluição Sonora e Visual	27
2.4.4 Interferências Eletromagnéticas	28
2.5 CONSTRUÇÃO CIVIL.....	28
2.5.1 Plataformas	28
2.5.2 Fundação	29
2.5.3 Valas para Cabos	31
2.5.4 Edifício de Comando e Subestação	32
2.6 MONTAGEM DOS AEROGERADORES	34
2.6.1 Aerogeradores.....	34
2.6.1.1 Componentes de um Aerogerador de Eixo Horizontal	34
2.6.2 Montagem.....	37
2.7 CUSTO DE INSTALAÇÃO DE UMA USINA EÓLICA	39
3 PANORAMA ATUAL DA PRODUÇÃO EÓLICA NO NORDESTE E NA PARAÍBA	40
3.1 MAPEAMENTO DO POTENCIAL EÓLICO DO ESTADO DA PARAÍBA	42
3.2 CAPACIDADE INSTALADA NO ESTADO DA PARAÍBA	44
3.2.1 Parque eólico Millenium	45
3.2.2 Parque eólico Vale dos Ventos.....	46
3.2.3 Parque eólico Vitória.....	47
3.2.4 Parque eólico Alhandra	47
3.3 FUTUROS EMPREENDIMENTOS	48
3.4 VANTAGENS PARA IMPLANTAÇÃO DE UM PARQUE EÓLICO.....	48
3.5 FATORES QUE DIFICULTAM A INSTALAÇÃO DE PARQUES EÓLICOS NA PARAÍBA	50
3.5.1 Atlas Eólico	51
3.5.2 Regularização Fundiária	51

3.5.2.1 Prazo.....	53
3.5.2.2 Área Arrendada	53
3.5.2.3 Usos Aprovados.....	54
3.5.3 Incentivos Fiscais	54
3.5.4 Linhas de transmissão de energia elétrica	55
3.5.5 Transporte de Aerogeradores	55
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	56
REFERÊNCIAS	57

1 INTRODUÇÃO

As Revoluções Industriais, Primeira e Segunda Guerras Mundiais e o crescimento exacerbado do capitalismo, impulsionaram a busca e utilização de fontes de energias consideradas finitas ou não-renováveis, como o petróleo e o carvão mineral, culminando em uma série de problemas ecológicos, a exemplo do aquecimento global e extinção de algumas espécies. A fim de amenizar parte desses problemas, houve a necessidade de procurar fontes alternativas de energia, ressurgindo então as energias renováveis. Segundo Castro (2003), tal ressurgimento ocorreu na década de 70 devido a crises do petróleo, assegurando que por um lado existe a necessidade de garantir a diversidade e segurança no fornecimento de energia e, por outro a obrigação de proteger o ambiente, cuja degradação é acentuada pelo uso de combustíveis fósseis.

As fontes de energias podem ser divididas em renováveis e não-renováveis. Fontes não-renováveis são recursos naturais que, quando utilizados, não podem mais ser repostos em prazo útil pela ação humana ou pela natureza. A exemplo tem-se os combustíveis fósseis (petróleo, gás natural e carvão mineral) e os nucleares. Em contra partida, fontes renováveis são denominadas energias limpas, pois seu processo de produção e consumo não gera impactos ao meio ambiente, exceto nos locais de instalação das usinas. São aquelas inesgotáveis, ou seja, capazes de regenerar devido a meios naturais (VIANA, TAVARES e LIMA, 2015). São exemplos deste tipo de energia a energia hidroelétrica, biomassa, das marés, geotérmica, solar e eólica.

Dentre as fontes de energia limpa, a energia eólica vem se destacando nos últimos anos, tornando-a uma das mais promissoras fontes de energia renováveis. Antes utilizada apenas por aplicações mecânicas como moagem de grãos e bombeamento de água, teve suas primeiras tentativas para geração de eletricidade no final do Século XIX, mas somente com a crise internacional do petróleo na década de 1970, é que houve interesse e investimentos suficientes para viabilizar o desenvolvimento e aplicação de equipamentos em escala comercial. (ANEEL, 2002)

A Europa está na vanguarda no desenvolvimento tecnológico, foi pioneira na instalação de turbina eólica ligada à rede elétrica pública no ano de 1976, mais precisamente na Dinamarca. Desde então seu crescimento pode ser acompanhado e retratado com dados da Associação Europeia de Energia Eólica (EWEA - The European Wind Energy Association, em inglês). A exemplo, no ano de 2012 a energia eólica atendia a 7% da demanda de eletricidade de toda a Europa e em 2015 ultrapassou a energia hídrica como fonte de geração de energia no

continente, com 15,6% da capacidade total de energia, segundo dados da WE (Wind Europe, em inglês). Atualmente a Alemanha lidera o ranking de investimento e capacidade energética dentre os países do continente europeu.

A âmbito global, estudos da Associação Mundial de Energia Eólica (WWEA, sigla em inglês) mostraram que em 2011 a energia eólica não ultrapassara 1% do total gerado por todas as fontes e que, após quatro anos, em 2015, esse percentual teria atingido 3%. A capacidade instalada em energia eólica no planeta vem crescendo 27% ao ano nos últimos dez anos (VIANA, TAVARES e LIMA, 2015). Desde 2010, a China é o maior produtor de energia eólica, seguida pelos Estados Unidos, Alemanha e Espanha .

No Brasil, a primeira turbina eólica de grande porte foi instalada em junho de 1992, no arquipélago de Fernando de Noronha. Esse projeto foi realizado pelo Grupo de Energia Eólica da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), com financiamento do Folkecenter (um instituto de pesquisas dinamarquês), em parceria com a Companhia Energética de Pernambuco (Celpe) e essa turbina foi a primeira a entrar em operação comercial na América do Sul. (ANEEL, 2002).

Na época em que foi instalada, a geração de eletricidade dessa turbina correspondia a cerca de 10% da energia gerada na Ilha, proporcionando uma economia de aproximadamente 70.000 litros de óleo diesel por ano. Atualmente, a turbina eólica continua em funcionamento e produz, de acordo com a CELPE, uma média de 120 MWh por ano (ANEEL, 2002).

Em 2001, quase dez anos após a instalação da primeira turbina eólica, o governo brasileiro criou o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa) para incentivar a utilização de outras fontes renováveis, como eólica, biomassa e Pequenas Centrais Hidrelétricas(PCHs).

Como resultado do Proinfa, a produção de energia eólica no Brasil aumentou de 22 MW em 2003 para 602 MW em 2009, e cerca de 1000 MW em 2011, quantidade suficiente para abastecer uma cidade de cerca com 400 mil residências. Além disso, em 2008, com a crise internacional, o consumo de energia despencou, e em busca de demanda, as fábricas eólicas desembarcaram no Brasil, fazendo cair seu preço. (CORREIO POPULAR, 2016)

Segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), a eólica já é a segunda fonte de energia mais competitiva no país, perdendo somente para a hidrelétrica. O relatório anual do Global Wind Energy Council (GWEC) mostrou que em 2014 o país atingiu o 10º lugar mundial e o 1º da América Latina dentre os produtores de energia eólica, permanecendo nessa colocação até os dias atuais.

Segundo a Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEÓlica), até hoje, esse setor recebeu um investimento de R\$67 bilhões. Em 2008, a potência do parque eólico brasileiro era de 27 megawatts (MW). No mês de setembro de 2016, alcançou a marca de 9,7 mil MW, totalizando um volume suficiente para abastecer mais de 45 milhões de habitantes e 5.141 turbinas instaladas (82% no Nordeste).

Por serem intermitentes, a energia eólica ainda deve ser usada como complementos. Mesmo no Nordeste, onde o vento é mais constante, é preciso considerar as intempéries da natureza, ou seja, pode parar de ventar a qualquer momento. Entretanto, em 2015, a eólica ajudou o Nordeste, pois nesse ano essa região estava propícia a entrar em um traumático racionamento por causa do baixo nível dos reservatórios. (CORREIO POPULAR, 2016)

1.1 OBJETIVOS

Apresentado o contexto e a motivação para a realização deste trabalho, objetiva-se apresentar os principais aspectos e condicionantes para a implementação de parques eólicos no Estado da Paraíba. Para tanto é utilizando um mapeamento dos sítios com potencial eólico e estudo qualitativo das condicionantes ambientais, capacidade energética da Paraíba. Ainda é objeto deste expor em termos gerais os principais problemas enfrentados pelo Estado da Paraíba para sua implantação, e apresentar as vantagens da implantação de parques eólicos na região.

1.2 METODOLOGIA

A pesquisa proposta foi desenvolvida a partir da análise e discussão de material bibliográfico, sites disponibilizados por meio eletrônico e publicações (livros, artigos, trabalhos acadêmicos e periódicos) sobre o tema deste. Também foi consultado especialista na área de Engenharia Civil e Energia Eólica, cujo conhecimentos por certo serviram para dar consistência ao texto apresentado.

Para tanto trabalho se encontra estruturado em dois capítulos, além de seção introdutória e conclusões finais:

2. ***Caracterização de parques eólicos:*** O capítulo 2 discorre sobre a caracterização de parques eólicos, envolvendo os estudos prévios e requisitos iniciais necessários para a construção de sítios eólicos. Discorre também sobre a construção civil que o compõe e seus custos de instalação.

3. *Produção Eólica no Nordeste e na Paraíba*: O capítulo 3, faz referência a região Nordeste do Brasil e o Estado da Paraíba, apresentando características eólicas de ambos. Tratou-se expor considerações relativas ao mapeamento eólico paraibano, capacidade eólica instalada, os futuros empreendimentos do setor no Estado e os fatores que dificultam a implantação de usinas eólicas na Paraíba.

1.3 JUSTIFICATIVA

Objetivamente, a importância que vem se dando às Energias Renováveis traduz-se na quantidade considerável de estudos recentemente apresentados, em maior número os que tratam de Energia Eólica. Isso se justifica dado ao grande crescimento e desse tipo de energia renovável, tanto no contexto nacional quanto mundial.

O Brasil não está de fora desses investimentos e a região Nordeste vem atraindo cada vez mais empresas dispostas a investir no setor eólico, principalmente pelo grande potencial eólico que a região possui em comparação com as demais do país.

Entretanto esta tendência não tem se refletido no Estado da Paraíba, onde existe uma baixa demanda de projetos eólicos. Assim, a fim de se buscar entender o porquê disto é que se propõe e justificasse o trabalho.

2 CARACTERIZAÇÃO DE PARQUES EÓLICOS

Um parque eólico tem como objetivo a produção de energia elétrica através da conversão de energia cinética de translação - contida nas massas de ar em movimento (vento) – em energia cinética de rotação, com o emprego de turbinas eólicas, também denominadas aerogeradores, ou através de cataventos e moinhos para trabalhos mecânicos, como bombeamento de água (ANEEL, 2002).

Os sistemas eólicos podem ser classificados em *onshore* (Figura 1), quando seus aerogeradores são instalados em terra ou *offshore*, quando os mesmos se localizam sobre o mar (Figuras 2). (UCZAI, TAVARES e FILHO, 2012)

Figura 1 – Parque Eólico Osório no Brasil (*Onshore*)



FONTE: REVISTA MF, Setembro/2012.

Figura 2 – Parque Eólico London Array do Reino Unido (*Offshore*)



FONTE: INGRID ARAÚJO, 2013.

Para o processo de implantação de um complexo eólico *onshore*, além da contratação de pesquisadores e engenheiros (civis, elétricos e ambientais), deve-se seguir determinada ordem objetiva das etapas. A primeira dessas etapas consiste em identificar a área de construção, seguida da análise do potencial eólico da região. As condições topográficas e de vegetação também deverão ser analisadas, a fim de garantir a viabilidade do projeto. (LEONARDO, 2015)

Neste contexto, este capítulo irá explicar detalhadamente tais etapas, desde a escolha do local, as condicionantes de sua implantação, até as obrigatórias obras de engenharia que devem ser consideradas para criação de um parque eólico.

2.1 ESCOLHA DO LOCAL

A localização de um parque eólico é, provavelmente, o fator mais importante para a economia do projeto, e esta sujeita a diversas condicionantes, principalmente aquelas relativas à localização dos equipamentos de conversão, possibilidade de ligação à rede de distribuição

de energia elétrica, disponibilidade de ventos com velocidade que garanta a rentabilidade adequada, condições orográficas¹ e morfológicas não perturbadoras. (HENRIQUE, 2002).

A natureza do solo é mais um fator a considerar, uma vez que este terá de permitir a realização das fundações para as turbinas. O local deverá ainda permitir o acesso de caminhões e guas com o material necessário para a construção do parque (HENRIQUE, 2002).

É preciso admitir uma ordem para escolha de locais potencialmente adequados. Primeiro é preferível que as turbinas encontrem-se nos topos das montanhas, devido a serem, no geral, locais em que o vento é mais forte; Em seguida planaltos e as planícies elevadas, assim como as zonas costeiras; Por último vem os vales, que são normalmente locais com potencial eólico baixo, embora, por vezes, observa-se efeitos de concentração de ventos no local. (CASTRO, 2003).

Para identificação desses locais podem ser usados mapas adequados, a exemplo das cartas militares, e visitas aos locais. Caso haja a disponibilidade de mapas de isoventos, eles devem ser usados para fazer uma primeira estimativa do recurso eólico. Entretanto, não dispensa a caracterização detalhada do sítio com dados obtidos a partir de medições efetuadas no local. (CASTRO, 2003)

2.2 POTENCIAL EÓLICO E ESTUDO DOS VENTOS

Avaliar o potencial eólico de uma região requer trabalhos sistemáticos de coleta e análise de dados sobre velocidade e regime de ventos, o que permite caracterizar a construção como viável ou não. (ANEEL, 2002)

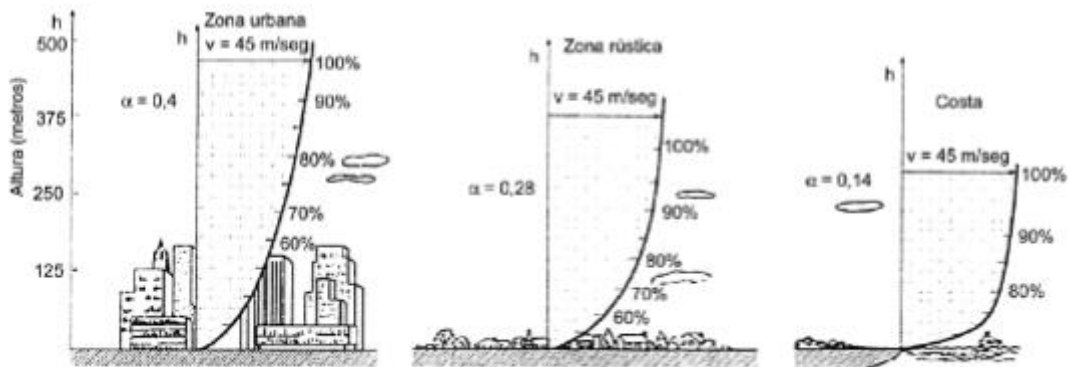
Características topográficas, acidentes naturais das paisagens, rugosidade da superfície e obstáculos (árvores, edifícios e formações rochosas) são dados que podem afetar diretamente a velocidades dos ventos e com isso diminuir o potencial eólico da região. Dessa forma, quanto mais plano for e quanto menor for o número de obstáculos, mais forte será a intensidade e velocidade das massas de ar. (HENRIQUE, 2002)

Pode ser observado na Figura 3 o relacionamento entre a presença de obstáculos e a velocidade dos ventos. Em zona urbana a velocidade de vento pode atingir 45 m/s para uma altura do solo de aproximadamente 475 m, enquanto que em zonas com menor número de obstáculos essa velocidade é atingida a alturas menores, como é o caso da zona rústica, onde

¹ Em geografia, chama-se **orografia** ao estudo das nuances do relevo de uma região. Efeito orográfico é também chamado "chuvas de relevo".

tal velocidade é atingida a uma altura de 375 m. Já na zona costeira, livre de obstáculos, consegue-se a mesma velocidade de vento para uma altura de 300 m. (GOUVEIA, 2013)

Figura 3 – Variação da velocidade do vento com a altura



FONTE: GOUVEIA C. DA SILVA, 2013.

Em áreas com superfícies muito acidentadas pode observar o aparecimento de turbulências, com fluxos de ar muito irregulares e redemoinhos, o que provoca o desgaste e ruptura das turbinas eólicas, consequentemente causando perdas no aproveitamento da energia (HENRIQUE, 2002). Em vista disso, esses lugares devem ser evitados.

Além disso, Para evitar perdas da energia do vento, causadas pelas turbulências, colocam-se as turbinas separadas umas das outras com uma distância mínima de três vezes o diâmetro do rotor. Em geral, a separação dos aerogeradores de um parque eólico, é de 5 a 9 diâmetros do rotor na direcção dos ventos dominantes e de 3 a 5 na direcção perpendicular à dos ventos dominantes. (HENRIQUE, 2002)

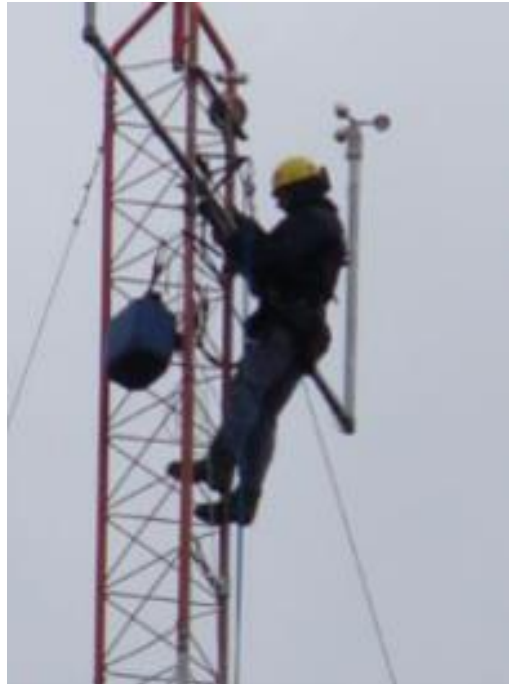
Segundo Grubb e Meyer (1993), para que a energia eólica seja considerada tecnicamente aproveitável, é necessário que sua densidade seja maior ou igual a 500 W/m^2 , a uma altura de 50 metros; o que requer uma velocidade mínima do vento de 7 a 8 m/s. Segundo a Organização Mundial de Meteorologia, em apenas 13% da superfície terrestre o vento apresenta velocidade média igual ou superior a 7 m/s, a uma altura de 50 m. (ANEEL, 2002)

Para caracterizar o vento necessita-se de pelo menos 2 torres meteorológicas, posicionadas uma no início e outra no fim do parque eólico, em locais ausentes de qualquer obstáculo. (PINHO, 2008)

As torres meteorológicas são torres metálicas treliçadas e atirantadas pintadas de vermelho e branco e com luzes de aviso à navegação aérea, equipadas com painéis solares e baterias. Possui um painel de controle com recolhe dados bem como um sistema transmissor de

dados por rádio. É essencial que os equipamentos meteorológicos devam ser colocados à mesma altura dos futuros aerogeradores. (PINHO, 2008)

Figura 4 – Torre Meteorológica



FONTE: PINHO M., 2008.

A instrumentação específica que a compõe são:

- Anemômetros – Responsável pela medição da velocidade do vento. Afim de garantir a correta leitura se faz necessário a instalação de dois por torre. O mais comum e preciso é o anemômetro de conchas de Robinson, Figura 5;
- Sensor de direção (Cata-vento) – Responsável por estabelecer a direção do vento com o intuito de orientar o rotor do aerogerador;
- Sensor de pressão atmosférica;
- Sensor de Temperatura – Útil para alertar quando existir temperaturas extremas.

Em lugares mais frio ainda pode ser instalado um sensor de umidade, pois em lugares com temperaturas abaixo de 0°C e umidades elevadas, é possível formar gelos nas pás eólicas. (PINHO, 2008)

As medições são efetuadas com anemômetros e sensores de direção (Figuras 5 e 6, respectivamente), que devem estar bem expostos a todas as direções do vento e a uma distância dos obstáculos de, pelo menos, dez vezes a sua altura. (ARAÚJO, 2008)

Figura 5 – Anemômetro de concha de Robinson



FONTE: ARAÚJO, 2008.

Figura 6 – Sensor de direção



FONTE: ARAÚJO, 2008.

As medições são recolhidas em um registrador de dados e transmitidas a cada 10 minutos.
(DIAZ, 2008)

Com os dados obtidos, determina-se a potencialidade eólica da zona envolvente, através de diferentes metodologias e programas computacionais. (CALDAS, 2010)

2.3 ESTUDO GEOLÓGICO E GEOTÉCNICO

Assim como todas as obras de construção civil, é imprescindível o conhecimento e caracterização do solo. Esta etapa prescinde a execução do projeto e dar suporte à decisão de continuar com a execução da infraestrutura do parque eólico e com o propósito de que as infraestruturas sejam executadas corretamente relativamente à sua interação com o solo. Neste momento também avalia-se os custos, garantindo a segurança e rentabilidade econômica. (GOUVEIA, 2013)

Pretende-se com tal estudo, conhecer determinados parâmetros: (GOUVEIA, 2013)

- I. Tipos de litologia que constituem o subsolo;
- II. Identificar os riscos geológicos;
- III. Identificar e determinar as características geológicas, as propriedades relativas ao seu estado e os parâmetros relativamente à elasticidade e resistência;
- IV. Identificar a presença de lençóis freáticos;
- V. Para a criação de infraestruturas de drenagem, é essencial determinar a hidrologia e hidrogeologia da área;
- VI. Caracterizar a resistência dos materiais que formam o subsolo, com o intuito de definir processos de execução dos trabalhos em subsolo;
- VII. Fixar critérios de estabilidade para as várias situações proporcionadas pelo movimento de terras;
- VIII. Determinar se será exequível a execução de aterros com materiais da zona em estudo para as infraestruturas que necessitem de regularização.

Com todos os parâmetros definidos, estabelece-se critérios sobre as condições de fundação e as precauções que devem ser tomadas para prevenir a ocorrência de instabilidade dos solos. (GOUVEIA, 2013)

De forma complementar, as investigações podem ser aprofundadas por um laudo geofísico para informações localizadas, objetivando um completo entendimento da estratigrafia do solo. (FARIA e NORONHA, 2013)

Nos projetos de parques eólicos, por, normalmente, as torres serem distribuídas ao longo de alinhamentos aproximadamente retos e possuem um afastamento relativamente grande umas das outras, faz-se necessário estudos geotécnicas individual para cada locação das torres. A prática mais comum considera a realização de sondagens do tipo SPT (Standard Penetration Test, em inglês) ou CPT (Cone Penetration Test) para cada uma das fundações.

Os ensaios SPT consistem na determinação do perfil do subsolo e na identificação tátil-visual das diferentes camadas a partir do material recolhido no amostrador padrão. O material coletado é classificado por meio da combinação da descrição do testemunho de sondagem com as medidas de resistência à penetração. (SCHNAID, 2000).

No ensaio CPT, medem-se as grandezas de resistência de ponta e do atrito lateral resultantes da cravação da ponteira cônica, ambas utilizadas para a classificação do solo. Os estados de tensões e deformações gerados no solo devido à cravação do cone permitem usar hipóteses simplificadoras e correlações para a determinação dos parâmetros dos materiais. (SCHNAID & ODEBRECHT, 2012).

Em parques eólicos, os esquemas de distribuição dos pontos de sondagens são mais utilizados da seguinte maneira: (FARIA e NORONHA, 2013)

- 2 pontos de sondagem no perímetro externo da fundação, no diâmetro orientado segundo o alinhamento das torres;
- 3 pontos sondagem, sendo 2 no perímetro externo e uma no centro da fundação, orientados no alinhamento das torres;
- 3 pontos de sondagem uniformemente distribuídos ao longo do perímetro externo da fundação (em ângulos de 120°).

Segundo Faria e Noronha (2013), dentre as distribuições citadas, as duas primeiras são mais limitadas, pois fornecem uma estimativa do perfil geológico apenas em um plano. Neste caso, a orientação das camadas de solo fora deste plano fica indeterminada. Já a terceira alternativa é mais vantajosa, pois permite esboçar uma estimativa da orientação tridimensional e da heterogeneidade das camadas que compõe o perfil geológico sob a fundação.

2.4 CONDICIONANTES

No projeto deve-se incluir, além dos estudos relacionados ao solo e ao potencial eólico, estudos de condicionantes, afim de garantir que a usina ofereça o menor impacto possível a região. As principais destas condicionantes são:

2.4.1 Estudo do impacto ambiental

Para que um parque eólico seja licenciado, os órgãos governamentais aplicam leis que determinam o que será necessário para sua liberação, afim de diminuir principalmente os impactos ambientais causados com sua incorreta localização. (PINHO, 2008)

Com isso, inicialmente os investidores devem elaborar um Estudo Prévio de Impacto Ambiental (EIA) e um Relatório de Impacto Ambiental (RIMA), impostos pelos órgãos licenciadores competentes (estadual, municipal e o IBAMA) e pela legislação pertinente como a Resolução CONAMA no 001 de 1986, para a obtenção da Licença Prévia (LP) ou Licença de Localização (LL). (SILVA, 2015)

O EIA é o conjunto de estudos com dados técnicos detalhados que busca identificar os problemas ambientais e os respectivos graus de magnitudes. Dessa forma, fornecendo informações que possibilitam a criação de medidas e ações de prevenção para mitigação dos riscos (FREITAS NETO, 2011).

Deve ser realizado por uma equipe multidisciplinar de especialistas que fazem um diagnóstico detalhado do ambiente e, a partir das características da construção e operação do empreendimento, identifica todas as alterações possíveis que resultarão dessas atividades, propondo as medidas mitigadoras. Por ser um estudo altamente detalhado e complexo, e difícil de ser compreendido pelo público leigo, a legislação brasileira determina a preparação de um documento resumido e em linguagem acessível, denominado Relatório de Impacto Ambiental – RIMA. (SILVA, 2015)

O RIMA é o relatório no qual descreve todas as conclusões obtidas no Estudo de Impacto Ambiental. Por ser de acesso ao público, deve ser escrito de forma clara e objetiva, com ilustrações como mapas, quadros, gráficos, etc., de modo que se possa entender as vantagens e desvantagens do projeto, bem como todas as consequências ambientais de sua implantação (FREITAS NETO, 2011). Dessa forma a comunidade envolvida pode tomar conhecimento do conteúdo do EIA e participar do processo de licenciamento ambiental, com críticas e sugestões, como é estipulado pelo artigo 11º § 2º da Resolução CONAMA nº1, de 23 de janeiro de 1986.

O artigo 7º da Resolução CONAMA nº1, de 23 de janeiro de 1986 expõe as condições necessárias para preparação do EIA/RIMA, no que diz respeito à equipe de trabalho. De acordo com esse trecho da legislação, essa tarefa deve ser realizada “por equipe multidisciplinar habilitada, não depende direta ou indiretamente do proponente do projeto e que será responsável pelos resultados apresentados”.

Após a obtenção do licenciamento junto ao órgão licenciador competente é realizado o cadastramento do parque eólico junto a Empresa de Pesquisa Energética (EPE). Para o cadastramento, o empreendedor deverá apresentar cópia da licença ambiental compatível com a etapa do projeto, emitida pelo órgão competente. Na Licença Ambiental deverá constar o nome do agente interessado, a potência instalada do projeto, a data de emissão e o prazo de validade. (STUAT, 2011)

Para a instalação dos equipamentos da usina é necessária outra Licença Ambiental, a Licença de Instalação (LI). Essa licença é obtida através da aprovação do projeto pelos órgãos ambientais competentes. Tal projeto é composto pelo layout da usina, tipo de máquina, fabricante dos equipamentos, altura das torres, potência, previsão de geração anual e a capacidade máxima de produção. O projeto é elaborado pela empresa responsável pela instalação do parque. (SILVA, 2015)

Realizada a instalação dos equipamentos da usina eólica, é necessário mais uma Licença Ambiental, a Licença de Operação (LO). Esta licença é obtida após o cumprimento das licenças anteriores, com as medidas de controle ambiental e condicionantes determinados nesta etapa de operação. (SILVA, 2015)

Estudos aprofundados podem ser necessários para definir as interferências causadas na flora e na fauna da região, principalmente em locais com plantas autóctones, com ninhos de aves ou com rotas de aves migratórias. Além disso deve verificar áreas de interesse patrimonial, como vestígios de ocupação humana antiga. (PINHO, 2008)

2.4.2 Efeito da sombra

Um aspecto visual a ser considerado é o efeito de luz intermitente das pás ao passar frente à luz do sol. Quando uma turbina eólica opera na sombra da outra, ela extrai energia de uma massa de ar com menor potencial que a original, com menor velocidade, reduzindo assim seu desempenho (PEA, 2013).

Seu cálculo é para a situação mais desfavorável, ou seja, considerando céu limpo com sol e sem nuvens, e baseado na órbita local, através das estações, considerando o diâmetro das pás e tamanhos das turbinas. Em casos especiais de leis muito proibitivas em relação a este

efeito, pode ser colocado um sensor especial que desliga o aerogerador quando, para determinadas horas do dia as pás se encontram ativas por efeito do vento. (PINHO, 2008)

2.4.3 Poluição Sonora e Visual

O ruído de um aerogerador é proveniente do próprio fluxo de ar nas pás e da mecânica de engrenagens e dos geradores (ROSSI e OLIVEIRA, 2012). Como os aerogeradores provocam diferentes graus de ruídos em diferentes horas do dia, e como algumas pessoas acham estes sons provocados pela caixa de velocidades, gerador ou inversor incomodativos, existe então limites legais que regulamentam sua instalação (PINHO, 2008).

Os diferentes tipos de turbina emitem diferentes níveis sonoro, de frequência e ritmos de baixa frequência. A poluição sonora do parque eólico pode ser estimada através de medições feitas ao modelo de turbina a utilizar. O ruído provocado pelas turbinas é superior em direções específicas, e isso é tido em conta nas medições feitas por institutos independentes e nos programas automáticos de cálculo aplicáveis ao projeto de parques eólicos (PINHO, 2008).

O nível de ruído global de todas as turbinas é a sobreposição espacial dos níveis produzidos por cada turbina. As áreas com níveis de ruído superiores são identificadas, tomando-se as medidas necessárias para redução desses níveis, seja através da reorganização dos aerogeradores ou da alteração dos modelos de aerogeradores utilizados, de forma a conseguir cumprir com os requisitos legais aplicáveis (PINHO, 2008).

A exposição ao ruído tem inúmeras consequências na saúde humana, que podem ter efeitos diretos no aparelho auditivo ou efeitos “não auditivos”, em que estes últimos comprometem o funcionamento de todo o corpo.

Os efeitos “não auditivos” dos aerogeradores na saúde humana são significativos, embora tendem a serem ignorados pelo facto de não serem necessariamente incomodativos à percepção humana. Eles ocorrem a frequências iguais ou inferiores a 500Hz (Ruído de Baixa Frequência) e dependem das diferenças de suscetibilidade de cada indivíduo. Como efeitos “não auditivos” destacam-se a Síndrome da Turbina Eólica (STE) e a Doença Vibroacústica (DVA). (SIMÕES, 2015)

No caso da Síndrome da Turbina Eólica (STE), Os sintomas incluem (PIERPONT, 2006):

- I) Perturbação do sono: o ruído audível ou sensações físicas de pulsação ou pressão dificultam a capacidade do indivíduo em adormecer e causam o despertar frequente deste;
- II) Dores de cabeça que aumentam em frequência ou severidade;

- III) Tonturas, instabilidade e náuseas;
- IV) Exaustão, ansiedade, raiva, irritabilidade e depressão;
- V) Problemas de concentração e aprendizagem;
- VI) Zumbido nos ouvidos.

A DVA é uma patologia sistémica causada pela exposição excessiva a RBF (considerados como todos os fenómenos acústicos que ocorrem abaixo dos 500Hz), causando inflamação e fibrose do tecido. (SIMÕES, 2015)

Já os impactos visuais são decorrentes do agrupamento de torres e aerogeradores, principalmente no caso de centrais eólicas com um número considerável de turbinas, também conhecidas como fazendas eólicas. Os impactos variam muito de acordo com o local das instalações, o arranjo das torres e as especificações das turbinas. Apesar de efeitos negativos, como alterações na paisagem natural, esses impactos tendem a atrair turistas, gerando renda, emprego, arrecadações e promovendo o desenvolvimento regional (ANEEL, 2002).

2.4.4 Interferências Eletromagnéticas

Esses casos ocorrem quando os aerogeradores refletem as ondas eletromagnéticas, geralmente por serem instalados entre os receptores e transmissores de ondas de rádio, televisão e microondas. (FILHO, 2013)

A avaliação desse impacto deve abordar o problema, mas nem sempre pode garantir a segurança da distribuição ótima do campo magnético. A interferência eletromagnética com a comunicação aeronáutica não será um problema criado pela usina eólica, desde que o projeto contemple uma distância mínima do aeroporto e, ainda, uma área de servidão radioelétrica de ação da torre de eólica em relação à rota de navegação da aeronave. (FILHO, 2013)

2.5 CONSTRUÇÃO CIVIL

Os trabalhos de construção civil consistem na construção do Edifício de Comando e Subestação, Fundações, Plataformas de montagem, Acessos e Valas para cabos. (PINHO, 2008)

2.5.1 Plataformas

As plataformas (Figura 7), auxiliam as guas no correto apoio para a montagem da turbina eólica. Geralmente, possuem uma superfície bem compactada com uma sub-base resistente. Suas dimensões dependem do tipo de grua que utilizará, que por sua vez depende da

turbina eólica que irá ser montada e do peso dos diferentes componentes da turbina eólica. (GOUVEIA, 2013)

Figura 7 – Plataforma de montagem



FONTE: MANCUSO, 2006.

2.5.2 Fundação

Como ocorre em outras obras geotécnicas, as condições do solo no local de instalação das torres eólicas são determinantes para a escolha do tipo de fundação, podendo ser rasa ou profunda. As fundações rasas somente são escolhidas quando o perfil do solo possuir alta capacidade de suporte ou for encontrada rocha resistente a uma pequena profundidade. Do contrário, caso o perfil do solo apresente baixa capacidade ou for encontrado camadas de solo mole a profundidades dentro da zona de influência abaixo do bloco de fundação, deve-se adotar soluções com estacas profundas. Em ambos os tipos de fundação é fundamental o conhecimento da posição do nível de água no subsolo. (FARIA e NORONHA, 2013)

O tipo de fundação mais utilizado é a sapata isolada, cuja escolha se dá através das características dos aerogeradores que serão instalados e pela constituição do solo local. Seu cálculo leva em consideração o peso, a altura da torre, as dimensões e a estrutura do aerogerador, além de outros fatores que afetam o dimensionamento e cujas ações deverão ser consideradas, tais como o vento, o gelo e a neve. (GOUVEIA, 2013).

Segundo Vieira e Júnior (2015), devido a heterogeneidade dos terrenos é recomendado que as fundações sejam avaliadas em grupos. A sondagem do terreno também deve seguir esse critério, sendo feita o mais próximo possível do local de instalação de cada torre em razão da grande extensão da área de instalação.

Após a escolha da fundação, os seguintes tópicos devem ser estudados para garantir a segurança da obra: (FARIA e NORONHA, 2013)

- Capacidade de suporte para a estabilidade da estrutura;
- Recalques imediatos, diferenciais e de adensamento;
- Rigidez da fundação;
- Efeitos de deterioração no concreto por fissuramento, trincas, ataques químicos, etc.;
- Perda de capacidade de suporte ao longo do tempo, pois a fundação será sujeita a carregamento cíclico e ao efeito de fadiga.

Das metodologias utilizadas para os estudos citados, a mais comum baseia-se na análise dos Estados-Limite. O projeto de fundações considera os casos dos Estados Limite Último (ELU, requisitos de segurança em relação à situação de colapso) e dos Estados Limite de Serviço (ELS, requisitos funcionais em relação a durabilidade, recalques, etc.). Além disso, nas fundações das torres eólicas, deve-se considerar o caso particular do Estado Limite à Fadiga (ELF). (FARIA e NORONHA, 2013)

Os cálculos a serem realizados nas análises dos ELU, ELS e ELF envolvem ferramentas usuais de projeto de engenharia como Métodos de Equilíbrio-Limite, fórmulas analíticas e empíricas, e Métodos Numéricos como o Método dos Elementos Finitos. (FARIA e NORONHA, 2013)

No Brasil, a segurança das fundações está sujeita à norma NBR-6122 (ABNT, 2010) que trata dos critérios e padrões para a investigação geotécnica, o projeto e a execução de fundações, e o desempenho e monitoramento das mesmas. De forma complementar, as fabricantes de torres eólicas também apresentam especificações técnicas com critérios diferenciados (normalmente mais restritivos que os da NBR-6122). Estas últimas podem ser requisitadas para os projetos executados no Brasil, desde que também atendam integralmente às condições da NBR-6122. (FARIA e NORONHA, 2013)

Nas armaduras das fundações das torres utiliza-se o varão de aço do tipo A500NR. (PINHO, 2008)

Figura 8 – Exemplo de sequência de execução de fundação e base do Aerogerador



FONTE: GEOCONSULT. Disponível em:

<http://www.semar.pi.gov.br/download/201511/SM12_8013650506.pdf>.

2.5.3 Valas para Cabos

A energia elétrica gerada por cada um dos aerogeradores será transmitida ao seu respectivo alimentador, instalado na nacele - carcaça que serve para proteger os componentes que ficam dentro dela, como: gerador, caixa multiplicadora, freios, embreagem, mancais, controle eletrônico, sistema hidráulico, entre outros componentes elétricos e eletrônicos - envolvendo os dispositivos de proteção e manobra necessários. Da nacele o aerogerador se conecta a disjuntores instalados na base no interior da torre. Destes disjuntores saem os cabos isolados que compõem os circuitos internos dos parques eólicos. (SEMAR, 2015)

As valas para os caminhos de cabos de MT (média tensão) são executadas paralelamente a via de acesso (Figura 9) que liga os aerogeradores, devendo interligar-se com a subestação.

Vale salientar que o tipo de tubagem que segue paralelamente as vias é distinto dos caminhos de cabos das travessias (que têm de suportar o peso dos camiões grua). (DIAZ, 2008)

Segundo Pinho (2008), para instalação de 10 aerogeradores, o trabalho de acessos, fundações, plataformas e valas de cabos pode demorar cerca de 3 meses.

Figura 9 – Colocação de cabos de Média Tensão em vala



FONTE: PINHO M., 2008.

2.5.4 Edifício de Comando e Subestação

Os trabalhos de construção civil no edifício de Comando (Figura 10) e subestação (Figura 11), normalmente, são executados em paralelo com os trabalhos nos acessos, fundações, plataformas e valas de cabos. (PINHO, 2008)

Ainda segundo Pinho (2008), a construção do edifício de comando é similar à da construção de um edifício de piso térreo. A diferença está presente na rede de aterramentos, nas canaletas de cabos e no equipamento elétrico que contém. Já uma Subestação consiste em uma instalação elétrica de alta potência, contendo equipamentos para transmissão, distribuição, proteção e controle de energia elétrica. (SILVA, 2015)

Figura 10 – Edifício de Comando



FONTE: GOUVEIA C. DA SILVA, 2013.

Figura 11 – Subestação



FONTE: GOUVEIA C. DA SILVA, 2013.

2.6 MONTAGEM DOS AEROGERADORES

2.6.1 Aerogeradores

Aerogerador, turbina eólica ou sistema de geração eólica é o equipamento responsável por utilizar a energia cinética do vento, convertendo-a em energia elétrica. Existem dois tipos básicos de aerogeradores (Figura 12): os de eixo vertical e os de eixo horizontal.

Figura 12 – Turbina eólica de eixo vertical (esq.) e de eixo horizontal (dir.)



FONTE: EVOLUÇÃO DA TECNOLOGIA AALP. Disponível em: <<https://evolucaoalp.wordpress.com/>>

Em geral, os rotores de eixo vertical têm a vantagem de não necessitarem de mecanismos de acompanhamento para variações da direção do vento, o que reduz a complexidade do projeto. Já os de eixo horizontal são os mais comuns, utilizados pela sua maior eficiência, compensando o seu custo mais elevado. São constituídos de uma pá e contrapeso, duas pás, três pás ou múltiplas pás (*multivane fans*). As pás podem ter as mais variadas formas e empregar os mais variados material e geralmente utilizam-se pás rígidas de madeira, alumínio ou fibra de vidro reforçada. (SANDIA, 2006)

Para geração de energia elétrica em larga escala são utilizados aerogeradores de eixo horizontal constituídos por 3 pás. Estes apresentam também maior eficácia pela sua menor resistência ao ar.

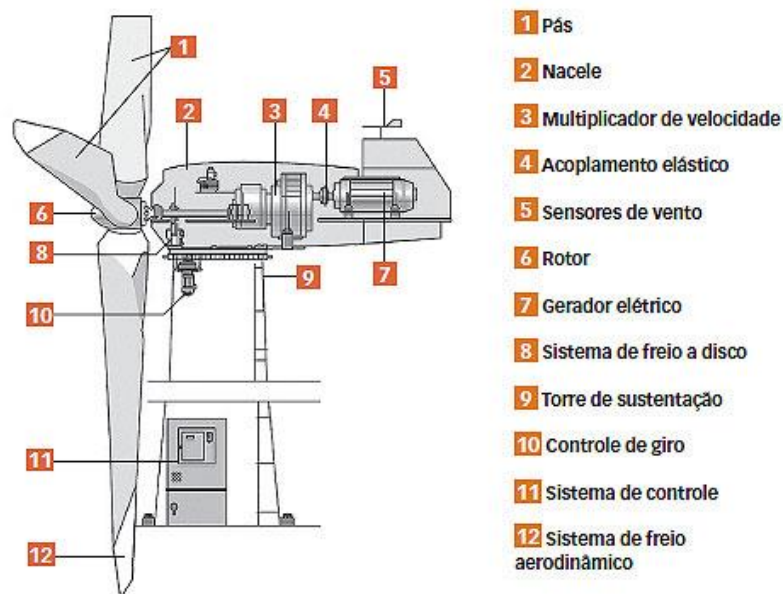
2.6.1.1 Componentes de um Aerogerador de Eixo Horizontal

Estes aerogeradores são diferenciadas pelo tamanho e formato da nacelle, pela presença ou não de uma caixa multiplicadora e pelo tipo de gerador utilizado (convencional ou

multipolos). Os principais componentes do aerogerador que são, de uma forma geral, a torre, a nacelle e o rotor. (SANDIA, 2006)

- Nacelle - É a carcaça montada sobre a torre (Figura 13), onde se situam o gerador, a caixa de engrenagens (quando utilizada), todo o sistema de controle, medição do vento e motores para rotação do sistema para o melhor posicionamento em relação ao vento; (SANDIA, 2006)

Figura 13 – Representação de um aerogerador



FONTE: CRESESB, 2008.

- Pás, cubo e eixo (Figura 14) – As pás são responsáveis pela interação com o vento, convertendo parte de sua energia cinética em trabalho mecânico. São fixadas através de flanges em uma estrutura metálica a frente do aerogerador denominada cubo. Esta estrutura é construída em aço ou liga de alta resistência. Atualmente as pás podem atingir até 75 metros de comprimento, usualmente utilizam pás de 35 a 45 metros. (SANDIA, 2006)

O cubo além de apresentar os rolamentos para fixação das pás, também acomoda os mecanismos e motores para o ajuste do ângulo de ataque de todas as pás. Já o eixo é o responsável pelo acoplamento do cubo ao gerador, fazendo a transferência da energia mecânica da turbina. É construído em aço ou liga metálica de alta resistência; (SANDIA, 2006)

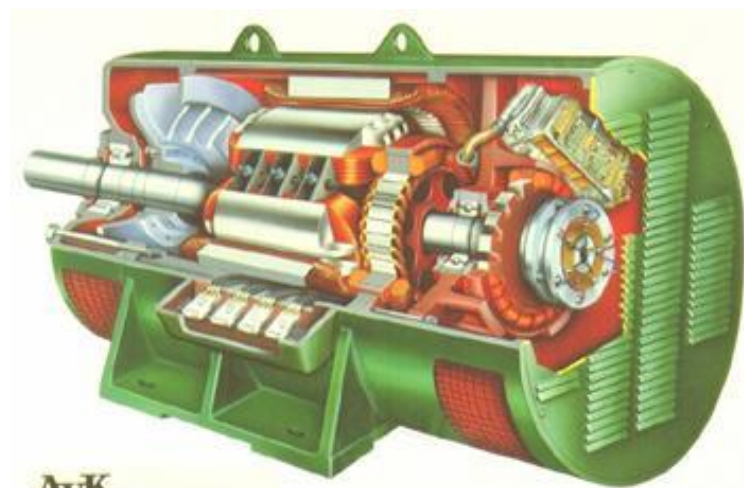
Figura 14 – Detalhe de um páteo com pás (esq.) e de um cubo (dir.)



FONTE: CRESESB, 2008.

- Gearbox (caixa multiplicadora): tem a função de transformar as rotações que as pás transmitem ao eixo de baixa velocidade (19 a 30 rpm), de modo que entregue ao eixo de alta velocidade as rotações que o gerador precisa para funcionar (1.500 rpm); (SANDIA, 2006)
- Gerador (Figura 15) - Converte a energia mecânica do eixo em energia elétrica;

Figura 15 – Representação de um gerador convencional



FONTE: CRESESB, 2008.

- Torre – Sua função é sustentar e posicionar o rotor a uma altura conveniente para o seu funcionamento. É um elemento de elevada contribuição no custo do sistema. Inicialmente, as turbinas utilizavam torres de metal treliçado (Figura 16). Com o uso de geradores com potências cada vez maiores, as nacelles passaram a sustentar um peso muito elevado tanto do gerador quanto das pás. Desta forma, para dar maior mobilidade

e segurança para sustentar toda a nacelle em alturas cada vez maiores, tem-se utilizado torres de metal tubular ou de concreto que podem ser sustentadas ou não por cabos tensores. (SANDIA, 2006)

Atualmente, as torres são feitas de segmentos de blocos pré-moldados fabricados em locais não muito distantes de onde ela será montada, podendo chegar a altura de até 100 metros e capacidade de produção de 2 MW. Para instalação desses blocos depende de um tipo de equipamento (guindaste de grande porte com capacidade acima de 800 toneladas), o que torna a montagem difícil e limitada. Só é possível chegar a regiões de topografia de fácil acesso. (IPESI, 2015)

Como no geral estão localizadas próximas ao mar, as torres também sofrem com a ação de diversos agentes agressivos, desde o ataque de cloretos até a ação abrasiva do vento, deve-se ter uma atenção maior quanto a sua durabilidade.

Figura 16 – Torre eólica treliçada



FONTE: CRESESB, 2008.

2.6.2 Montagem

Entre as partes mais críticas na construção de um parque eólico, encontra-se a montagem dos aerogeradores, devido a necessidade de uma coordenação logística muito grande entre a equipe de montagem, as gruas, os transportes, a fabricação das torres e a chegada dos equipamentos. Além disso, está sujeita às condições climáticas, seja o mau tempo no mar,

atrasando o transporte que na maioria dos casos é feito por meio de navios, seja pelo vento no parque, impedindo a montagem do aerogerador. (PINHO, 2008)

As torres estão divididas em 3 ou 4 seções e serão montadas através do uso de um guindaste com capacidade de até 100 toneladas (Figura 17). É fixada numa base circular em concreto armado. (SEMAR, 2015)

As seções são mantidas juntas uma a outra através da inserção de guias de aço (macho) montadas na seção superior que se encaixam em furos guias (fêmeas) na seção inferior. As juntas horizontais são preenchidas por cimento de alta resistência. Os componentes do aerogerador (nacele, pás e hub, peça que conecta as pás) também são acoplados à torre com o uso de guindastes, podendo todo o conjunto ser elevado junto ou separadamente. (SEMAR, 2015)

Figura 17 – Montagem mecânica da Torre e das Pás



A - Montagem do primeiro seguimento da torre.



B - Montagem do segundo seguimento da torre.



C - Montagem da nacele.



D - Montagem das pás.

FONTE: GEOCONSULT. Disponível em:

<http://www.semar.pi.gov.br/download/201511/SM12_8013650506.pdf>.

2.7 CUSTO DE INSTALAÇÃO DE UMA USINA EÓLICA

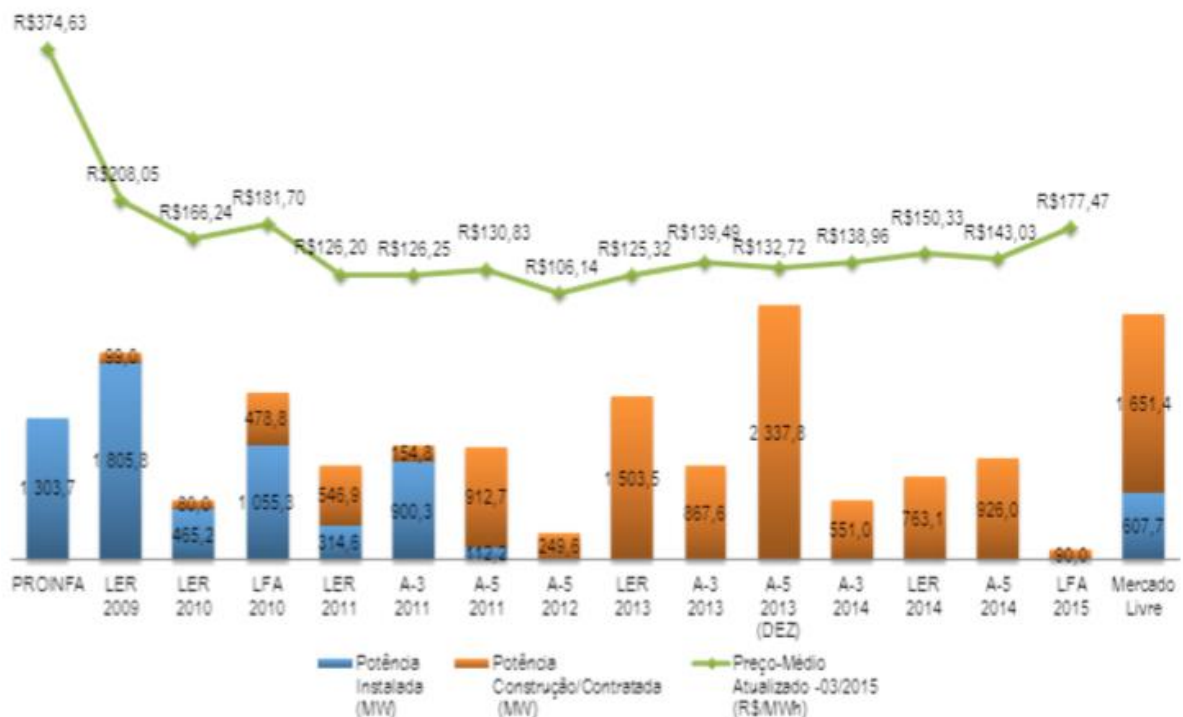
O custo médio de instalação de uma usina eólica, de acordo com a presidente da ABEEólica é em torno de R\$ 4,5 milhões para cada megawatt (MW) eólico instalado, colocando-a entre as alternativas mais competitivas no mercado, sendo atualmente tão ou mais competitiva que as pequenas centrais hidrelétricas (PCHs), cujo custo de implantação está em torno de US\$ 2 milhões por MW instalado”. (CANAL JORNAL DA BIOENERGIA, 2015)

Além disso, a operação de usinas eólicas é menos onerosa que a operação das PCHs, visto que existem normas de uso compartilhado da água que não se aplicam ao caso do vento. (CANAL JORNAL DA BIOENERGIA, 2015)

Nesse cenário, a energia gerada por parques eólicos tem sido bastante competitiva. Por exemplo, no leilão de energia elétrica realizado em novembro de 2014 (Leilão A-3), pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), a energia eólica foi comercializada pelo preço médio de R\$ 138,96/MWh e o preço médio da energia das PCHs ficou em R\$ 162/MWh, enquanto os preços médios do MWh foram de R\$ 202 para o carvão mineral, R\$ 206 para o gás natural e de R\$ 207 para a biomassa. (CANAL JORNAL DA BIOENERGIA, 2015)

Na figura abaixo (Figura 18), retirada do site da ABEEÓLICA, pode-se observar os Preços Médios (R\$/MWh) x Contratações (MW) da energia eólica comercializados nos demais leilões realizados desde a criação do PROINFA até o ano de 2015.

Figura 18 – Preços Médios (R\$/MWh) x Contratações (MW)



FONTE: CCEE/ABEEÓLICA

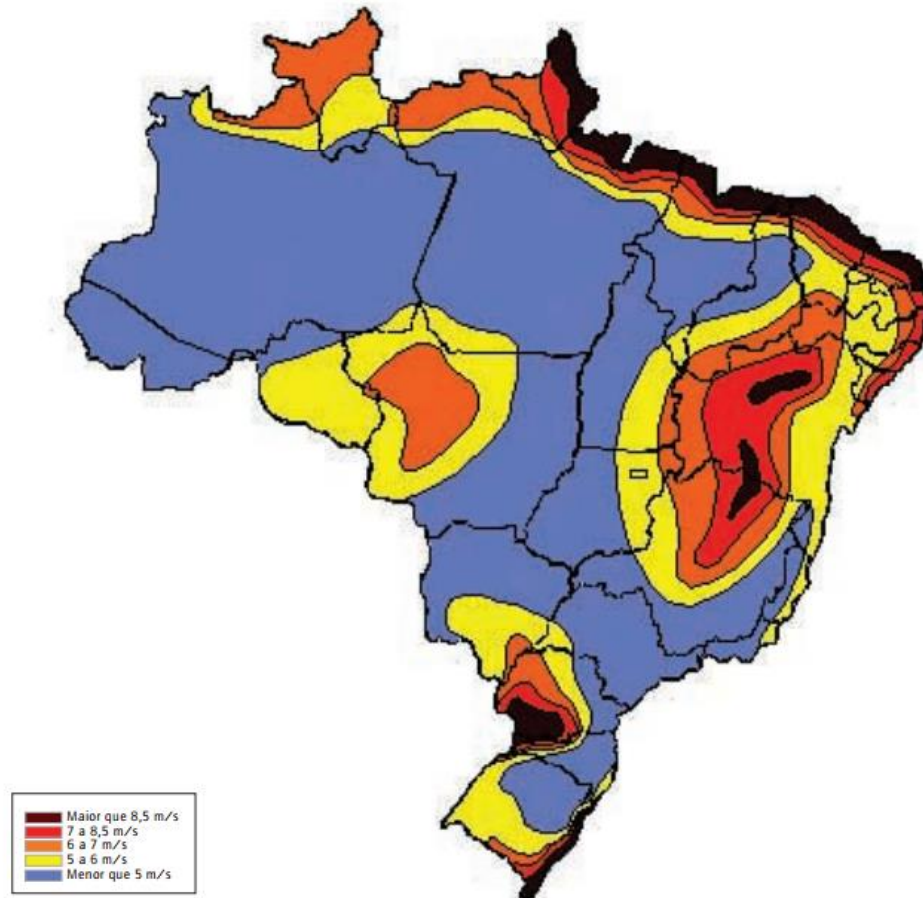
Olhando apenas para o custo de construção dos aerogeradores, responsáveis pela produção da energia eólica, o gerente executivo de Regras, Capacitação e Preços da CCEE (Câmara de Comercialização de Energia Elétrica), Jean Albino, considera que o investimento é alto frente às demais fontes. “No entanto, assim como nas hidrelétricas, os custos com manutenção são baixos e a despesa com combustível é zero”. (CANAL JORNAL DA BIOENERGIA, 2015)

3 PANORAMA ATUAL DA PRODUÇÃO EÓLICA NO NORDESTE E NA PARAÍBA

O Brasil vem se reafirmando cada vez mais como um dos países destaques na produção de energia limpa – aquelas produzidas a partir de fontes que não geram poluentes – principalmente a energia eólica, subindo sete posições no ranking mundial e alcançando assim a oitava posição em 2015. Embora ainda haver divergências entre os especialistas e as instituições na estimativa do potencial eólico brasileiro, os diversos levantamentos e estudos realizados dão suporte e motivam a exploração comercial da energia eólica no país. (ANEEL, 2002)

Os primeiros estudos foram feitos na Região Nordeste, principalmente no Ceará e em Pernambuco, publicando em 1998 a primeira versão do Atlas Eólico do Brasil (Figura 19). Segundo esses resultados, os melhores potenciais estão no litoral das regiões Norte e Nordeste, onde a velocidade média do vento, a 50 m do solo, é superior a 8 m/s. Estimam-se que no Nordeste possam ser gerados 75 GW (gigawatts), principalmente no litoral. (ANEEL, 2002)

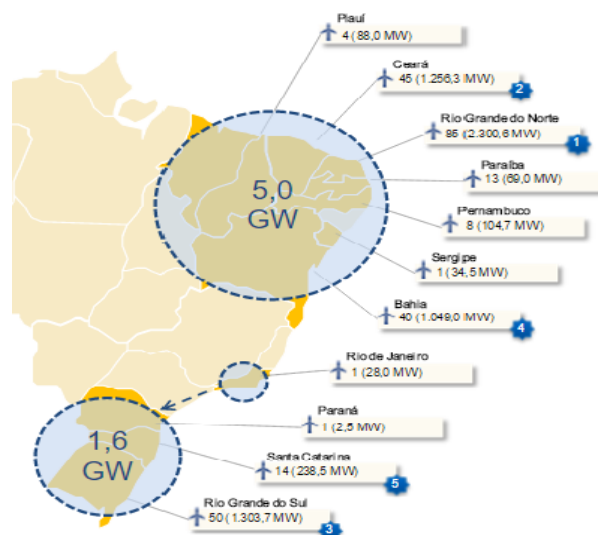
Figura 19 – Atlas eólico brasileiro (1998)



FONTE: ANEEL, 2002 (adaptado).

Conforme dados da ABEEólica, no ano de 2015 a capacidade eólica instalada no Nordeste foi de 5 GW, enquanto no Sul foi de apenas 1,6 GW (Figura 20), isso confirma o grande potencial que a região possui frente as demais.

Figura 20 – Capacidade Eólica Instalada (2015)



FONTE: ABEEÓLICA.

Ainda segundo dados de 2015 obtidos pelo acompanhamento diário da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) o estado que mais produz energia eólica no Brasil é o Rio Grande do Norte, seguido do Ceará e Rio Grande do Sul. O quadro abaixo mostra o ranking dos Estados brasileiros na produção desse tipo de energia em 2015 e a projeção para o ano de 2018.

Quadro 1 – Produção de energia eólica

Usinas Eólicas do Brasil - Valores em MW em 15/maio/2015				
Estado	Operando	Construção	A Iniciar	Até 2018
RN	2.030,54	734,80	1.990,70	4.756,04
CE	1.231,17	290,70	1.150,90	2.672,77
RS	1.174,38	405,00	523,70	2.103,08
BA	959,29	830,01	2.677,70	4.467,00
SC	242,50	0,00	3,00	245,50
PE	106,65	228,30	637,60	972,55
PI	88,00	510,00	811,80	1.409,80
PB	69,00	0,00	0,00	69,00
SE	34,50	0,00	0,00	34,50
RJ	28,05	0,00	0,00	28,05
PR	2,50	0,00	0,00	2,50
MA	0,03	0,00	432,50	432,53
Brasil	5.966,60	2.998,81	8.227,90	17.193,31
Usinas	266	114	330	710

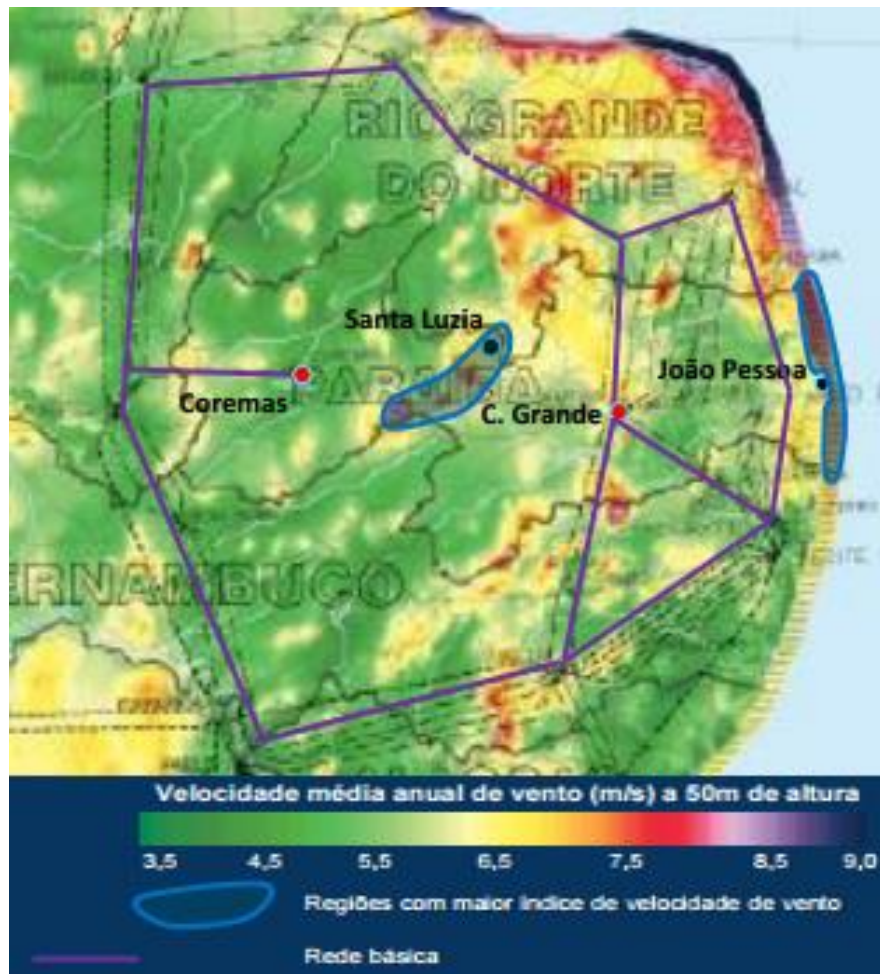
FONTE: JORNAL BRASIL 247, 2015.

Observa-se que a Paraíba encontra-se em oitavo lugar a nível nacional e em quinto entre os estados do Nordeste Brasileiro. Com base nisso, este capítulo irá analisar o potencial eólico do Estado, além de expor os principais problemas que impedem que o Estado avance no segmento de energia eólica.

3.1 MAPEAMENTO DO POTENCIAL EÓLICO DO ESTADO DA PARAÍBA

Apesar de não possuir um Atlas Eólico - documento que traz as informações a respeito dos locais mais interessantes para os projetos de fonte eólica – para mostrar de maneira mais detalhada os principais lugares com potencial eólico. Pelo Atlas Eólico Nacional, observa-se que a Paraíba apresenta duas regiões principais de alto potencial eólico. A primeira situada no litoral, principalmente no norte, e a segunda na região de Santa Luzia (Figura 21).

Figura 21 – Regiões com Potencial Eólico na Paraíba



FONTE: NOGUEIRA, 2014.

Santa Luzia está localizada em um “corredor” de vento situado no agreste paraibano com velocidade média anual de vento em torno de 7,7 m/s, tornando-se favorável para implantação de parques eólicos. Porém, essa região encontra-se distante da rede básica de transmissão de energia, dificultando a conexão de usinas à mesma. (NOGUEIRA et al, 2014)

A ausência do Atlas Eólico da Paraíba coloca o estado em desvantagem em relação aos demais, sofrendo com a falta de investidores no setor. O professor Maurício Beltrão, do Departamento de Energia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), foi o responsável pela confecção do atlas, financiado em parceria com a pela Eletrobrás, UFCG e Atecel, uma entidade de direito privado, sem fins lucrativos, com finalidade de apoiar e viabilizar os programas de Pesquisa e Extensão de Universidades e Institutos de Pesquisa, principalmente na Paraíba. Segundo o mesmo professor, o documento se encontra em fase de revisão para poder ser publicado em breve. (JORNAL DA PARAÍBA, 2015a)

Apesar da baixa demanda em projetos eólicos, a Paraíba é um dos Estados com maior número de empreendimentos deste segmento de energia. Segundo dados da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), são 13 usinas em operação, destas, 12 localizadas no município de Mataraca e uma em Alhandra. (JORNAL DA PARAÍBA, 2015b)

Figura 22 – Posicionamento das Geradoras de Energia Eólica



FONTE: NOGUEIRA, 2014.

O maior empreendimento eólico pertence à Pacific Hydro, empresa de origem australiana, sendo que o parque Vitória foi adquirido pelo grupo Queiroz Galvão. Segundo o presidente do Grupo Queiroz Galvão, a empresa planeja investir R\$ 6 bilhões em eólicas até 2020 para alcançar a meta de 1.450 megawatts (MW) de capacidade instalada, isso mostra que a empresa está investindo agressivamente nesse setor de energia. (VALOR ECONOMICO, 2013)

3.2 CAPACIDADE INSTALADA NO ESTADO DA PARAÍBA

Totalizando 69MW de potência instalada, como pode ser visto com mais detalhe na figura anterior (Figura 22), o fornecimento de energia eólica na Paraíba está dividido em três Parques, já que o parque de Alhandra está desativado. Assim há uma capacidade de produção de energia suficiente para abastecer apenas 7,94% de sua população (chegaria a 8,74% se o parque de Alhandra estivesse em atividade). (CORREIO DA PARAÍBA, 2016)

3.2.1 Parque eólico Millenium

Primeiro desenvolvimento de energia renovável da Pacific Hydro no Brasil, o parque eólico Millennium (Figura 23) está localizado na cidade de Mataraca, no Estado da Paraíba e foi inaugurada em abril de 2008. O local é ideal devido aos fortes ventos costeiros, grande área de terra para instalação de geradores eólicos, fácil acesso para veículos e máquinas de construção e pronta conexão à rede elétrica. (PACIFIC HYDRO, 2016)

Figura 23 – Parque Eólico Millenium, situado na cidade de Mataraca-PB



FONTE: SITE DA PACIFIC HYDRO.

Composto por 13 aerogeradores, sua operação foi iniciada em 2007 e tem capacidade instalada de 10 MW, energia suficiente para abastecer cerca de 40.000 residências brasileiras e evitar a emissão de aproximadamente 4.600 toneladas de gases poluentes de efeito estufa a cada ano. (PACIFIC HYDRO, 2016)

Segundo Carneiro (2009), os aerogerados têm vida útil de 50 anos e com 25 anos de uso serão submetidos a uma reavaliação e manutenção geral. As torres de concreto, instaladas a 200

metros de distância uma da outra, têm 80 metros de altura e hélice de fibra e metal com 48 metros de diâmetro e base com 20×30 metros.

O projeto já proporcionou uma contribuição significativa para a economia local além de uma série de benefícios sociais e econômicos para a comunidade local ao longo dos anos, e para garantir impacto mínimo ao meio ambiente, ele opera sob um sistema de gestão ambiental certificado segundo a norma internacional ISO 14001. (PACIFIC HYDRO, 2016)

3.2.2 Parque eólico Vale dos Ventos

O Parque Eólico Vale dos Ventos (Figura 24) é o maior ativo em operação da empresa Pacific Hydro no Brasil. Também localizado na cidade de Mataraca, é constituído de 60 turbinas eólicas de 800 KW instaladas em propriedades particulares, arrendadas para operação. (PACIFIC HYDRO, 2016)

Figura 24 – Parque Eólico Vale dos Ventos, situado na cidade de Mataraca-PB



FONTE: SITE DA PACIFIC HYDRO.

Em funcionamento desde 2009, o Parque Eólico Vale dos Ventos tem capacidade instalada de 48MW, distribuídas em 10 unidades de 4,8 MW cada, energia suficiente para abastecer cerca de 100.000 residências brasileiras – cerca de 5% da demanda total de

eletricidade do Estado da Paraíba – e evitando a emissão de aproximadamente 17.000 toneladas de gases poluentes de efeito estufa a cada ano. (PACIFIC HYDRO, 2016)

3.2.3 Parque eólico Vitória

Assim como os Parques Eólicos anteriores, o Parque Eólico Vitória também situa-se na cidade de Mataraca. A usina, que pertence à Cardus Energia, é operada pelo grupo Queiroz Galvão e composta por três aerogeradores de 1,5MW cada, totalizando 4,5MW de potência instalada. (NOGUEIRA et al, 2014)

3.2.4 Parque eólico Alhandra

O Parque Eólico em Alhandra (Figura 25) foi inaugurado em 2011 e pertence a empresa Cedin do Brasil (CEDOBRAS). Composto por três aerogeradores de 2,1MW cada, totaliza uma potência instalada de 6,3MW.

Figura 25 – Parque Eólico Alhandra



FONTE: JORNAL CORREIO DA PARAÍBA, 2016.

Atualmente por problemas financeiros o parque encontra-se desativado. Tentou-se contato com a empresa Cedin do Brasil para realizar uma visita ao parque e para questionar sua falta de funcionamento, porém não obteve-se contato. Entretanto, conversando com um

profissional da área e que trabalhava na empresa responsável pelo estudo de viabilidade na época, foi constatado que a implantação do parque era inviável nesse local, por motivos que o mesmo não pode expor.

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) calcula que 1 MW atende cerca de 7,5 mil habitantes, assim a desativação desse parque deixa de atender cerca de 11.000 mil residências. (CORREIO DA PARAIBA, 2016)

3.3 FUTUROS EMPREENDIMENTOS

O estado da Paraíba se prepara para receber três novos parques eólicos, Canoas, Lagoa 1 e Lagoa 2, localizados nos municípios de Santa Luzia, São José do Sabugi e Junco do Seridó, respectivamente. Como já foi dito, segundo Nogueira et al. (2014), esses locais se encontram em um “corredor” de vento, com velocidade média anual em torno de 7,7 m/s, tornando-se favorável para implantação de parques eólicos.

Os empreendimentos serão construídos pelo grupo Força Eólica do Brasil, formado pelas empresas Neoenergia e Iberdrola, com investimento total nos projetos de R\$ 300 milhões, para que eles estejam funcionando até o final de 2017, com um total de 45 geradores e potencial total para gerar 94,5 MW de energia. (SÁ, 2016)

O potencial dos novos parques eólicos é grande. De acordo com a diretora de Operações da Força Eólica do Brasil, Laura Porto, apenas a usina instalada na região do Vale do Sabugi será capaz de fornecer energia limpa para 150 mil pessoas. (CICLO VIVO, 2015)

O empreendimento deverá gerar impactos positivos na região, a exemplo de maior geração de energia elétrica, estímulo ao desenvolvimento econômico local e regional, além de geração de novos postos de emprego no Estado. (SÁ, 2016)

3.4 VANTAGENS PARA IMPLANTAÇÃO DE UM PARQUE EÓLICO

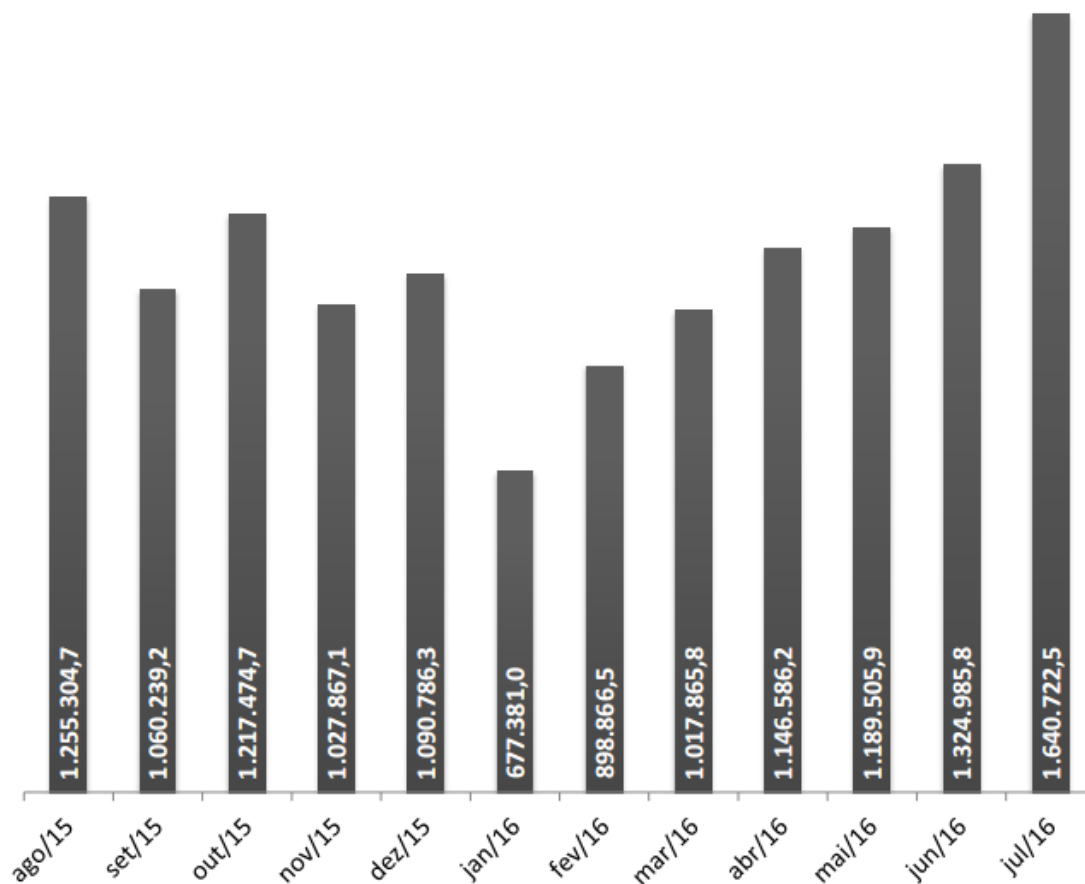
No geral, entre algumas vantagens de um parque eólico, pode-se citar: (REZENDE, 2015)

- É uma fonte competitiva, a segunda mais barata no Brasil atualmente, atrás das hidrelétricas;
- Não é uma fonte territorialmente excludente, ou seja, é possível coexistir com outras atividades, como a pecuária e agricultura, na mesma área onde os parques estão

instalados. Uma regra geral típica é que uma turbina de 750kW ocupa aproximadamente 0,1 hectare (ha) de terra, incluindo a estrada de acesso, e uma turbina de 1,5MW ocupa cerca de 0,2 ha. Estradas de acesso às turbinas tendem a ser de terra ou cascalho, feitas no mesmo nível dos arredores da fazenda, tornando fácil que qualquer fazendeiro cruze a estrada com qualquer equipamento agrícola usado e como os cabos e fios são geralmente subterrâneos, os animais como bois e cavalos podem ser deixados para pastar nos arredores das turbinas sem que sejam afetados por elas.

- Ajuda no combate a emissões de gás carbônico, como mostrado na Figura 26.

Figura 26 – Emissões de CO₂ evitadas (Toneladas)



FONTE: ABEEÓLICA

- Devido à característica complementar à fonte hidráulica, ajuda na conservação da água nos reservatórios das centrais hidrelétricas.
- Como qualquer empreendimento, projetos de energia eólica geram empregos. Porém, comparado as opções convencionais de geração, o desenvolvimento de energia eólica

gera mais empregos por dólar investido e por kWh gerado. Um estudo conduzido pelo Escritório de Energia do Estado de Nova Iorque (New York State Energy Office) concluiu que 10 milhões de kWh produzidos pela energia eólica geram 27% mais empregos no estado do que a mesma quantidade de energia produzida por uma usina a carvão mineral e 66% mais empregos do que uma usina movida a gás natural de ciclo combinado. (NETO e VIEIRA, 2009)

No caso do Estado da Paraíba, segundo foi exposto por Thalita Costa, consultora de relações comunitárias da Pacific Hydro, o estado possui algumas vantagens em relação aos demais, apesar de poucas aproveitadas. São elas: (Informação verbal)²

- O grande potencial de ventos, principalmente no Litoral;
- Ventos unidirecionais e com sazonalidades conhecidas, permitindo um aproveitamento maior do potencial eólico do Estado, principalmente a partir dos meses de Julho e Agosto até Dezembro, onde há uma maior intensidade de ventos na região;
- Proximidade com os grandes fabricantes de tecnologia eólica, instalados na Bahia, Ceará, Pernambuco e Rio Grande do Norte;
- Grande disponibilidade de terrenos desapropriados para implantação de Usinas Eólicas.

3.5 FATORES QUE DIFICULTAM A INSTALAÇÃO DE PARQUES EÓLICOS NA PARAÍBA

A Paraíba quer se tornar um polo de destaque no Nordeste do Brasil na geração de energia eólica, e apesar de ter um bom potencial eólico e oferecer uma boa infraestrutura de estradas, não está atraindo de forma prioritária os investimentos em usinas eólicas, precisando então combater um somatório de fatores que prejudicam o desenvolvimento desse setor no Estado.

² Informação fornecida por Thalita Costa no Seminário Energia na Paraíba – Desafios e Oportunidades, realizado nos dias 20 e 21 de outubro de 2016 na Universidade Federal da Paraíba

Segundo a mesma consultora da Pacif Hydro, Thalita Costa, os principais fatores são: A falta do Atlas Eólico, dificuldades à regularização fundiária, ausência de incentivos fiscais e dificuldades com as linhas de transmissão de energia elétrica. (Informação verbal)³

3.5.1 Atlas Eólico

A falta do Atlas Eólico é o principal ponto negativo. De acordo com o professor Gilberto Augusto Moreira, do Centro de Energia e Alternativas e Renováveis (Cear), da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), a baixa procura nos leilões que acontecem atualmente pelo governo federal pode ser explicada pela especulação econômica dos investidores. (JORNAL DA PARAÍBA, 2015b)

A ausência do Atlas do Potencial Eólico Brasileiro deixa o investidor inseguro para apostar no Estado. Como em outras regiões já foram analisadas, o investidor prefere enviar projetos para onde já tem um conhecimento prévio, para não correr o risco de perder dinheiro. (JORNAL DA PARAÍBA, 2015b)

O projeto Atlas do Potencial Eólico da Paraíba, lançado desde fevereiro de 2010 pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), em parceria com Eletrobras, Companhia Hidro Elétrica do São Francisco (CHESF) e Associação Técnico Científica Ernesto Luiz de Oliveira Junior (ATECEL), é uma das alternativas para mostrar aos investidores o potencial eólico da Paraíba. (JORNAL DA PARAÍBA, 2015b)

3.5.2 Regularização Fundiária

Na Paraíba, os problemas relacionados a arrendamento e compra de terras pelos empreendedores do setor não é diferente de outros locais escolhidos para implantar parques eólicos no país, sofrendo com a duplicidade de informações.

Historicamente, no Brasil as transações imobiliárias são realizadas sem acompanhamento cartográfico, as “posses” são socialmente respeitadas, os proprietários têm pouca preocupação em demarcar a terra, além das dificuldades financeiras para legalizar o imóvel. Atualmente, menos de 10% dos imóveis rurais no país tem uma titulação correta. Os registros são feitos em cartórios espalhados pelo país e os mesmos não se comunicam, podendo assim gerar duplicidade de informações. (STAUT, 2011)

³ Informação fornecida por Thalita Costa no Seminário Energia na Paraíba – Desafios e Oportunidades, realizado nos dias 20 e 21 de outubro de 2016 na Universidade Federal da Paraíba

O processo de regularização fundiária que diz respeito à posse e uso de terra para imóvel rural, esta compreendido em dois sistemas, o Sistema de Registro ou Sistema de Livro da Terra sob responsabilidade dos Cartórios de Registro de caráter jurídico e o Sistema Cadastro de Imóveis da Propriedade sob responsabilidade do Instituto de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) de características legais, fiscais e de uso da terra. (PROVIDELO, 2014)

O Sistema de Registro ou Sistema de Livro da Terra é um documento jurídico sujeito à nulidade de provas, onde se concentram e atesta direitos de propriedade sobre imóveis declarados, representados por meio de matrícula imobiliária o imóvel rural a que se refere, quer seja representada por uma única propriedade imobiliária, quer seja pelo grupamento dessas propriedades. Deve nela constar: a descrição do imóvel, confrontantes, o código do imóvel, os dados constantes do CCIR (Certificado de Cadastro do Imóvel Rural), medidas perimetrais e certificação do INCRA CCIR. (ARRUDA, 2011).

No caso do Sistema Cadastro de Imóveis da Propriedade, este encontra-se informações sobre o tamanho físico, a forma, a data, os valores e os usos da terra, características físicas do imóvel, foi instituído por razões eminentemente fiscais, vinculadas à cobrança do Imposto Territorial Rural (ITR). (PROVIDELO, 2014)

Segundo Gobbo (2011), ambos os sistemas não conseguiram contornar a irregularidade da estrutura fundiária brasileira, que resulta da consolidação de distintos processos de ocupação do território ocorrido ao longo da história.

Para os projetos de energia eólica, a regularização fundiária abrange dois aspectos que podem inabilitar o projeto a participar de um leilão: (PROVIDELO, 2014)

- I) Licença Ambiental, bem como Legislação Estadual, dos quais as obtenções das licenças dependem de documentos relativos a existência cadastral e registral das propriedades a serem licenciadas.
- II) Direito de Usar ou Dispor do Local da EOL, onde deverá ser apresentada a prova do direito de usar ou dispor do local a ser destinado ao empreendimento, por meio da matrícula do Registro Geral do Imóvel (RGI), vinculada a um contrato de disposição do local a ser destinado ao empreendimento (ex: Contrato de Locação, Arrendamento, Comodato, etc)

Segundo Neto e Vieira (2009), as partes mais importantes do arrendamento da terra são: o prazo do contrato, outros tipos de uso aceitáveis para as áreas ao redor das turbinas eólicas e a estrutura de pagamentos.

3.5.2.1 Prazo

Arrendamentos de terras para projetos eólicos têm prazo entre 20 e 50 anos, com opção para estender o contrato. Um típico projeto de energia eólica tem uma vida útil de 15 a 20 anos e requer pelo menos de 10 a 15 anos para atingir os retornos financeiros desejados para os proprietários e investidores. (NETO e VIEIRA, 2009)

Um prazo de 20 anos permite que um projeto seja desenvolvido e operado por sua vida útil, enquanto que um prazo de 40 a 50 anos provavelmente cobriria dois ou três ciclos (um projeto e depois outro projeto no mesmo local ao final da vida útil do primeiro). Alguns contratos incluem cláusulas especificando as condições sob as quais cada parte tem o direito de rescindir o contrato. Essas cláusulas de rescisão devem ser razoáveis para que o risco de se instalar as turbinas eólicas e ter o contrato rescindido seja baixo e gerenciável. (NETO e VIEIRA, 2009)

3.5.2.2 Área Arrendada

O contrato de arrendamento deve especificar claramente onde as turbinas eólicas, almoxarifados da construção e manutenção podem ser situados. Quaisquer afastamentos de residências e limites da propriedade devem ser especificados, porque a construção e os reparos maiores requerem uma atividade mais intensa no terreno. (NETO e VIEIRA, 2009)

O contrato deve incluir uma provisão para uso temporário do terreno durante tais períodos, para armazenagem de equipamento, guias e outras atividades de construção, operação e manutenção. O desenvolvedor desejará ter o direito de instalar as turbinas eólicas e a infraestrutura em qualquer lugar na propriedade (levando-se em conta afastamento necessário e desejadas) e pode encontrar dificuldades quando o contrato é redigido especificando onde as turbinas devem estar localizadas e de que tamanho elas serão. (NETO e VIEIRA, 2009)

Ainda segundo Neto e Vieira (2009), a localização e o tamanho de cada turbina irá depender de estudos eólicos detalhados feitos no local do projeto e geralmente incluem muitos proprietários de terra para o mesmo projeto. Um contrato de arrendamento típico especifica que o desenvolvedor deve determinar o tamanho, fabricante e exata localização das turbinas eólicas à sua conveniência, não devendo posicionar nenhuma turbina eólica dentro de um raio de 150 metros de uma residência ocupada existente na data efetiva do contrato sem o consentimento prévio do proprietário do terreno.

3.5.2.3 Usos Aprovados

O contrato de arrendamento também deve conter o tipo de usos que o proprietário do terreno pode fazer das áreas que se localizam em volta das turbinas. Geralmente o dono da terra reserva o direito de continuar a cultivar a agricultura e/ou a agropecuária.

3.5.3 Incentivos Fiscais

Um dos principais questionamentos por parte das grandes empresas, independente do seu setor de atuação, é a falta de incentivos fiscais por parte do governo. Com a Energia Eólica isto também é apresentado. Talita Costa retratou, no seminário, que para implantação dos primeiros parques eólicos, o Estado da Paraíba isentou o ICMS, Imposto sobre Operações relativas à Circulação de Mercadorias e Prestação de Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal e de Comunicação, entretanto atualmente não há mais nenhum incentivo fiscal por parte do governo, o que acarreta na dificuldade de atrair investidores para a Paraíba.

Está para análise, na câmara dos deputados, o Projeto de Lei 5539/13, do deputado Júlio Campos (DEM-MT), que concede incentivos fiscais à instalação de usinas de produção de energia com a utilização de fontes solar ou eólica.

A proposta desonera do Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI) e do Imposto de Importação (II) os bens de capital e o material de construção utilizados para a implantação desse tipo de atividade, da mesma forma que atualmente ocorre no Regime Especial de Incentivos para o Desenvolvimento da Infra-Estrutura (REIDI) em relação à contribuição para o PIS/Pasep e à CONFINS.

O PIS/Pasep é a sigla do Programa de Integração Social e do Programa de Formação do Patrimônio do Servidor Público (PASEP), que são contribuições sociais, devida pelas empresas. E tem como objetivo financiar o pagamento do seguro-desemprego, abono e participação na receita dos órgãos e entidades, tanto para os trabalhadores de empresas públicas, como privadas. O PIS PASEP é também uma espécie de segurança do FGTS (Fundo de Garantia por Tempo de Serviço).

Já o CONFINS é a sigla de Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social, que é uma contribuição social aplicada sobre o valor bruto apresentado por uma empresa. E tem como o objetivo financiar a Seguridade Social, ou seja, áreas fundamentais como a Previdência Social, Assistência Social e Saúde Pública.

3.5.4 Linhas de transmissão de energia elétrica

As localizações dos projetos eólicos estão cada vez mais remotas e problemas relacionados com as linhas de transmissão são cada vez mais recorrentes, pois estes novos pontos com potencial eólico encontram-se distantes da rede básica de transmissão de energia elétrica, dificultando a conexão com as usinas, como pode ser visto na Figura 21 do item 3.1 deste trabalho.

3.5.5 Transporte de Aerogeradores

Além dos problemas já citados, a logística para o transporte de aerogeradores é um fator secundário que tornam o Estado da Paraíba pouco atrativo em relação aos demais.

O interior do Estado, onde há um potencial eólico para a instalação de usinas, possui sua malha rodoviária inapropriada para tal atividade, pois é composta por rodovias de pista simples, dificultando assim o escoamento da produção de aerogeradores eólicos e componentes.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

É notório que a Energia Eólica está se tornando uma alternativa cada vez mais viável e competitiva à medida que seus custos de investimento diminuem, os custos dos combustíveis fósseis aumentam e o impacto ambiental se encontra cada vez mais relevante para a sociedade.

A busca por alternativas de geração de energia e as condições adequadas do Nordeste para a implantação de aerogeradores vem atraindo grandes investimentos de empresas internacionais. Entretanto nota-se que o Estado da Paraíba se encontra atrás dos estados vizinhos quando este assunto é retratado.

A Paraíba tem um excelente potencial para produção de geração elétrica através de usinas com fonte eólica. Entretanto, faz-se necessário a criação de pacotes de atratividade para esses empreendimentos, que incluem, principalmente, entre outros: Publicação do atlas eólico do estado, facilitação dos processos para obtenção das licenças ambientais e até mesmo eventos de divulgação, fóruns e seminários em parceria ou participação da ABEEOLICA (Associação Brasileira de Energia Eólica) e outras entidades.

Além disso, obter o apoio da comunidade é vital para a instalação de uma usina eólica no Estado, realizar consultas no local a respeito de diversas questões importantes, incluindo impactos na paisagem, flora e fauna regional e patrimônio cultural, contribui para o bom desenvolvimento e instalação de aerogeradores.

A geração de oportunidades de emprego e turismo alternativo na região de construção do projeto são pontos positivos que podem ser levados em conta para incentivar o Estado na busca por investimentos nesse tipo de geração de energia.

Deste modo acredita-se que os objetivos propostos pelo presente trabalho foram atingidos, tendo em vista que conseguiu-se mostrar os motivos pelo qual o Estado da Paraíba encontra-se menos desenvolvimento no setor eólico em relação aos estados vizinhos.

REFERÊNCIAS

- A UNIÃO, João Pessoa, Abril de 2016. Disponível em:
<http://auniao.pb.gov.br/noticias/caderno_diversidade/pb-quer-se-tornar-polo-regional-em-geracao-de-energia-eolica> Acesso em: 26 de Setembro de 2016.
- Agência Nacional de Energia Elétrica (Brasil). Atlas de energia elétrica do Brasil / Agência Nacional de Energia Elétrica. – Brasília: ANEEL, 2002. 153 p.: il. Disponível em:
<http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/livro_atlas.pdf> Acesso em: 10 de Agosto de 2016.
- ARAÚJO C. A., ANDRÉ. **Análise da Fiabilidade de um Parque Eólico**, Porto, Julho de 2008. Disponível em < <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/58131/2/Texto%20integral.pdf>> Acesso em: 17 de Agosto de 2016.
- ARAÚJO, INGRID. **Maior parque eólico em alto mar do mundo é inaugurado no Reino Unido**. Disponível em: <<http://www.pensamentoverde.com.br/economia-verde/maior-parque-eolico-em-alto-mar-do-mundo-e-inaugurado-pelo-reino-unido>> Acesso em: 13 de Agosto de 2016.
- ARRUDA, R. M. **Conceitos de Imóvel Rural: Aplicação na certificação da Incra expedida no memorial descritivo georreferenciado**. Boletim IRIB em Revista Ed. 3472012 – XXXIX Encontro dos Oficiais de Registro de Imóveis do Brasil. Disponível em: < http://irib.org.br/arquivos/biblioteca/4108_integra.pdf> Acesso em: 27 de Setembro de 2016.
- BRASIL 247, Maio de 2015. Disponível em:
<<http://www.brasil247.com/pt/247/economia/181132/Brasil-atinge-recorde-na-producao-de-energia-eolica.htm>> Acesso em: 06 de Setembro de 2016.
- BRASIL. ABEEÓLICA - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA. Disponível em < <http://www.portalabeeolica.org.br/>> Acesso em: 18 de Outubro de 2016.
- CALDAS M., DANILO. Estudo do Potencial Eólico e Estimativa de Geração de Energia de um **Projeto Eólico na cidade do Rio de Janeiro utilizando o WindPro e o WAsP**. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10000767.pdf>> Acesso em: 12 de Agosto de 2016.
- CANAL JORNAL DA BIOENERGIA, Outubro de 2015. Disponível em:
<<http://www.portalabeeolica.org.br/index.php/noticias/3991-energia-eolica-um-potencial-cada-vez-mais-explorado.html>> Acesso em: 29 de Setembro de 2016.
- CARNEIRO, JOSÉLIO. Paraíba tem posição de destaque na produção de energia eólica no país. **Governo da Paraíba**. 29 de Junho de 2009. Disponível em:
<<http://paraiba.pb.gov.br/paraiba-tem-posicao-de-destaque-na-producao-de-energia-eolica-no-pais/>> Acesso em: 27 de Setembro de 2016.
- CASTRO M.G, RUI. **Energias renováveis e produção descentralizada – introdução à energia eólica**, 1ª ed, IST, Janeiro de 2003. Disponível em: <

<http://www.troquedeenergia.com/Produtos/LogosDocumentos/IntroducaoAEnergiaEolica.pdf> > Acesso em 01 de Agosto de 2016.

CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA SÉRGIO BRITO, Tipos de Aerogeradores para geração de Energia Elétrica. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=com_content&lang=pt&cid=231> Acesso em: 22 de Agosto de 2016.

CORREIO DA PARAÍBA, João Pessoa, Março de 2016. Disponível em <<http://correiodaparaiba.com.br/geral/paraiba/paraiba-a-espera-de-bons-ventos-estado-tem-producao-interna-inferior-a-8/>> Acesso em: 08 de Setembro de 2016.

CORREIO DA PARAÍBA, João Pessoa, Março de 2016. Disponível em <<http://correiodaparaiba.com.br/geral/paraiba/paraiba-a-espera-de-bons-ventos-estado-tem-producao-interna-inferior-a-8/>> Acesso em: 08 de Setembro de 2016.

CORREIO POPULAR. Campinas, Outubro de 2016. Disponível em: <<http://www.portalabeeolica.org.br/index.php/noticias/5234-bons-ventos-empurraram-energia-e%C3%B3lica.html>> Acesso em: 18 de Outubro de 2016.

DIÁRIO DE PERNAMBUCO, Recife, 2014. Disponível em: http://www.diariodepernambuco.com.br/app/noticia/brasil/2014/01/02/interna_brasil,482528/proposta-concede-incentivos-fiscais-para-usinas-de-energia-solar-ou-eolica.shtml Acesso em: 24 de Outubro de 2016.

DIAS, JOSÉ. **Neo Energia, Formación de Promotores de Renovables**, Guadalajara, 2008.

EVOLUÇÃO DA TECNOLOGIA AALP, **Especificações de projeto**. Disponível em: <<https://evolucaoalp.wordpress.com/>> Acesso em: 22 de Agosto de 2016.

FILHO, WILSON P. BARBOSA. **Impactos ambientais em usinas eólicas**. In: CONGRESSO SOBRE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA E ENERGIA NO MEIO RURAL, 9, 2013, Mato Grosso. Itajubá: UNIFEI, 2013. Disponível em <<http://www.feam.br/images/stories/arquivos/mudnacaclimatica/2013/ag-267.pdf>> Acesso em: 22 de Agosto de 2016

FREITAS NETO, Benedito Bernardino de. Relatório de Impacto Ambiental - RIMA. Fortaleza: Ambiental, 2011.

GAYLORD, BRIAN. **Desafios Logísticos para o Mercado Eólico Brasileiro**. Disponível em: <http://www2.ctee.com.br/brazilwindpower/2015/papers/Brian_Gaylord.pdf> Acesso em: 29 de Setembro de 2016.

GOBBO, T. F. N., **Programa Minha Terra: A Regularização Fundiária Promovida pela Fundação Itesp no Estado de São Paulo Planejamento e Políticas Públicas** – ppp – n. 36 – jan/jun, 2011.

GOUVEIA C. DA SILVA, YESMARY. **Construção de um parque eólico industrial**, Lisboa, Novembro de 2013. Disponível em: <<http://repositorio.ipl.pt/bitstream/10400.21/3566/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o.pdf>> Acesso em: 16 de Agosto de 2016.

GRUBB, M. J; MEYER, N. I. **Wind energy: resources, systems and regional**. Washington D.C: Island Press, 1993.

HENRIQUE, ANA CATARINA M. **Projecto e exploração de parques eólicos: Aprendizagem dos procedimentos de projecto, concurso, acompanhamento de fornecimento e de exploração de parques eólicos**, UNIVERSIDADE DO PORTO, FEUP – FACUDADE DE ENGENHARIA, 2002. Disponível em <<http://paginas.fe.up.pt/~ee00201/pagina4.htm>> Acesso: 11 de Agosto de 2016.

IPESI. Setembro de 2015. Disponível em: <<http://www.portalabeeolica.org.br/index.php/noticias/3916-novo-m%C3%A9todo-constutivo-possibilita-torres-e%C3%B3licas-mais-altas.html>> Acesso em: 18 de Outubro de 2016.

JORNAL DA PARAÍBA. João Pessoa, Abril de 2015. Disponível em: <http://www.jornaldaparaiba.com.br/economia/noticia/145547_paraiba-deve-ganhar-15-novas-usinas-de-energia-alternativa> Acesso em: 06 de Setembro de 2016.

JORNAL DA PARAÍBA. João Pessoa, Setembro de 2015. Disponível em <<http://www.portalabeeolica.org.br/index.php/noticias/948-pb-perde-espaco-em-e%C3%B3licas.html>> Acesso em: 06 de Setembro de 2016.

LEONARDO, LUCAS. **Processo de construção de um complexo eólico**. Disponível em <<http://ventosdeitarefa.blogspot.com.br/2015/05/processo-de-construcao-de-uma-complexo.html>> Acesso em: 10 de Agosto de 2016.

MANCUSO, GIOVANNI. **Pegadas no tempo. Marcas que ficaram**. Março de 2006. Disponível em: <http://giovanmancuso.blogspot.com.br/2006_03_01_archive.html> Acesso em: 22 de Agosto de 2016.

NETO, JOSÉ A. R. G.; VIEIRA, RALFFO, **Energia Eólica – Atração de Investimentos no Estado do Ceará**, Junho de 2009. Disponível em: <<http://investimentos.mdic.gov.br/public/arquivo/arq1321639117.pdf>> Acesso em: 24 de Outubro de 2016.

NOGUEIRA, GUSTAVO MAURÍCIO FILGUEIRAS [et. Al], **Eixos Integrados de desenvolvimento da Paraíba: uma visão estratégica para o Estado**, João Pessoa, 2014. Disponível em <http://www.paraiba.pb.gov.br/downloads/eixos_integrados/modulo_energia.pdf> Acesso em: 08 de Setembro de 2016.

PACIFIC HYDRO. Disponível em: <<http://pacifichydro.com.br/portuguese/projetos/em-operacao/parque-eolico-millennium/?language=pt>> Acesso em: 08 de Setembro de 2016.

PEA 5002 - ENERGIA EÓLICA FUNDAMENTOS E VIABILIDADE TÉCNICO-ECONÔMICA. Disponível em: <http://disciplinas.stoa.usp.br/pluginfile.php/86190/mod_resource/content/1/Aula6_micrositing_2013.pdf> Acesso em: 20 de Agosto de 2016.

PIERPONT, N. **Wind Turbine Syndrome**, 2006. Disponível em: <<http://highlandmts.org/wp-content/uploads/2010/01/wind-turbine-syndrome-noise-shadowflicker-and-health-pdf1.pdf>> Acesso em: 13 de Agosto de 2016.

PINHO M., ANTONIO. **Gestão de Projetos de Parques Eólicos**, Porto, Junho de 2008. Disponível em <<http://paginas.fe.up.pt/~jmfaria/TesesOrientadas/MIEC/GestaoProjectParqEolicos.pdf>> Acesso em: 16 de Agosto de 2016.

PORTAL DA ENERGIA, Abril de 2016. Disponível em <<http://www.portal-energia.com/funcionamento-de-um-aerogerador/>> Acesso em: 22 de Agosto de 2016.

PROVIDELO, LUCAS A. **Desafios futuros para projetos de parques eólicos em território brasileiro**. São Paulo, 2014. Disponível em <<http://200.144.182.130/iee/sites/default/files/Lucas%20Antonio%20Providelo.pdf>> Acesso em: 27 de Setembro de 2016.

REDAÇÃO CLICO VIVO, São Paulo, Fevereiro de 2015. Disponível em <<http://ciclovivo.com.br/noticia/paraiba-vai-produzir-mais-90-mw-de-energia-eolica-ate-2017/>> Acesso em: 08 de Setembro de 2016.

REVISTA MF, Setembro de 2012. Disponível em: <<http://www.meiofiltrante.com.br/internas.asp?id=13877&link=noticias>> Acesso em: 13 de Agosto de 2016.

REZENDE C., LÍRIA. A expansão da energia eólica no Brasil é histórica. **Canal - O Jornal da bioenergia**. 28 de Janeiro de 2015. Disponível em: <<http://www.canalbioenergia.com.br/energia-eolica-registra-records-de-expansao-no-brasil/>> Acesso em: 26 de Setembro de 2016.

ROSSI, PEDRO HENRIQUE J.; OLIVEIRA, CÁSSIA PEDERIVA, **Perguntas frequentes sobre energia eólica**. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Centro de Energia Eólica, 2012. Disponível em: <<http://www.pucrs.br/ce-eolica/faq.php?q=23>> Acesso em: 22 de Agosto de 2016.

SÁ, SUELI. **Energia Limpa: Paraíba terá três Parques Eólicos até 2017**. Campina Grande, 2016. Disponível em: <http://www.fiepb.com.br/noticias/2016/08/19/energia_limpa_paraiba_tera_tres_parques_eolicos_ate_2017> Acesso em: 08 de Setembro de 2016

SANDIA, 2006, **Vertical Axis Wind Turbine: The History of the DOE Program**. Disponível em: <http://www.sandia.gov/Renewable_Energy/wind_energy/topical.htm>. Acesso em: 22 de Agosto de 2016.

SCHNAID, F., **Ensaio de Campo e suas Aplicações à Engenharia de Fundações**, São Paulo: Oficina de textos, 2000.

SCHNAID, F., ODEBRECHT, E., **Ensaio de Campo e suas Aplicações à Engenharia de Fundações**, 2 ed, São Paulo: Oficina de Textos, 2012

SEMAR - SECRETARIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HIDRICOS, Caracterização técnica do empreendimento, Relatório de impacto ambiental (RIMA). Piauí, 2015. Disponível em: <http://www.semar.pi.gov.br/download/201511/SM12_8013650506.pdf> Acesso em: 22 de Agosto de 2016.

SILVA, LEITON C.; et. al. **Implantação de Parques Eólicos no Brasil**, Fortaleza, Outubro de 2015. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_206_222_27524.pdf> Acesso em: 22 de Agosto de 2016.

SIMÕES, SARA CRISTINA D. **Caracterização do Ruído produzido por um parque eólico. Efeito sobre a população**, Setúbal 2015. Disponível em: <https://comum.rcaap.pt/bitstream/10400.26/10519/1/Tese%202015_Sara%20Sim%C3%B5es.pdf> Acesso em: 13 de Agosto de 2016.

STAUT, FABIANO. **O Processo de Implantação de Parques Eólicos no Nordeste Brasileiro**. 2011. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2011. Disponível em: <<http://www.meau.ufba.br/site/publicacoes/o-processo-de-implantacao-deparques-eolicos-no-nordeste-brasileiros>>. Acesso em: 26 de Setembro de 2016.

UCZAI, PEDRO; TAVARES, WAGNER M.; FILHO, ALBERTO P. QUEIROZ. **Energias renováveis: riqueza sustentável ao alcance da sociedade**, Brasília: Câmara dos Deputados, Edições Câmara, 2012. 273 p. – (Série cadernos de altos estudos; n. 10). Disponível em <<http://www2.camara.leg.br/a-camara/altosestudios/pdf/energias-renovaveis-riqueza-sustentavel-ao-alcance-da-sociedade>> Acesso em: 11 de Agosto de 2016.

VALOR ECONÔMICO. Dezembro de 2013. Disponível em: <<http://qgenergia.com/br/destaques/ler/queiroz-galvao-planeja-investir-r-6-bilhoes-em-eolicas-ate-2020/MjY=>>> Acesso em: 18 de Outubro de 2016.

VIANA, MAURÍCIO BORATTO; TAVARES, WAGNER MARQUES; LIMA, PAULO CÉSAR RIBEIRO. **Sustentabilidade e as principais fontes de energia**, Brasília, 2015. Disponível em: <http://www2.camara.leg.br/documentos-e-pesquisa/publicacoes/estnottec/areas-da-conle/tema14/sustentabilidade-e-as-fontes-de-energia_varios-autores_politicas-setoriais> Acesso em 03 de Agosto de 2016.

VIEIRA, MARIANA; JUNIOR B., CÍCERO. **A Engenharia das usinas eólicas**. Disponível em: <<https://blogdaengenhariacivil.wordpress.com/2015/07/11/a-engenharia-das-usinas-eolicas/>> Acesso em: 22 de Agosto de 2016.

WE – WIND EUROPE. Disponível em: <<https://windeurope.org/about-wind/statistics/european/wind-power-2015-european-statistics/>> Acesso em: 03 de Agosto de 2016.